

1954



ISSN 2078-7138

2019

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 5
октябрь
2019

*Поздравляем
Белорусский
государственный
аграрный
технический
университет
с 65-летием!*



Уважаемые коллеги, друзья!



Белорусскому государственному аграрному техническому университету исполняется 65 лет.

На протяжении всей своей истории университет достойно поддерживает статус крупного образовательного, научно-исследовательского и культурного центра Республики Беларусь.

Университет динамично развивается, шагая в ногу со временем, осуществляется интеграция образования, науки и производства, расширяется география международного сотрудничества.

Коллектив университета успешно решает свою главную задачу – подготовку инженерно-технических кадров для агропромышленного комплекса. С 1954 года в университете подготовлено более 57 тысяч высококвалифицированных специалистов, которые плодотворно трудятся в различных

отраслях сельского хозяйства, промышленности, науки и образования не только нашей страны, но и за рубежом. Среди выпускников БГАТУ известные государственные деятели, руководители министерств и ведомств, крупные ученые.

Результаты фундаментальных и прикладных научных исследований ученых, аспирантов и студентов университета широко внедряются в производство на предприятиях, в организациях и фермерских хозяйствах страны.

Мы по праву гордимся яркими страницами биографии университета, именами тех, кто стоял у истоков его создания, кто обеспечивает высокий авторитет вуза сегодня.

Убежден, что сложившиеся традиции, огромный творческий потенциал профессорско-преподавательского состава БГАТУ позволят университету и в дальнейшем добиваться больших успехов в подготовке высокопрофессиональных специалистов, способных результативно работать в реальных общественно-экономических и производственных условиях и обеспечивать развитие агропромышленного комплекса страны.

Сердечно поздравляю преподавателей, ученых, студентов, аспирантов и всех работников с 65-летним юбилеем Белорусского государственного аграрного технического университета!

Желаю всем крепкого здоровья, счастья, творческих успехов в учебе и труде, новых научных достижений и открытий во благо университета и родной Беларуси!

*Ректор БГАТУ,
доктор технических наук,
профессор
И.Н. Шило*

АГРОПАНОРАМА 5 (135) октябрь 2019

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован в Министерстве
информации Республики Беларусь
21 апреля 2010 года.
Регистрационный номер 1324

Учредитель
*Белорусский государственный
аграрный технический университет*

Главный редактор
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора
Игорь Степанович Крук

Редакционная коллегия:

Г.И. Гануш	М.А. Прищепов
Л.С. Герасимович	А.С. Сайганов
Е.П. Забелло	В.Н. Тимошенко
П.П. Казакевич	Н.К. Толочко
А.Н. Карташевич	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрин – редактор

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 272-47-71 Факс (017) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14

Факс (017) 272-25-71

E-mail: AgroP@bsatu.by

БГАТУ, 2019.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 21.10.2019 г. Зак. № 778 от 21.10.2019 г.

Дата выхода в свет 30.10.2019 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 2-е п/г 2019 г.:

для индивидуальных подписчиков - 19,86 руб.;

ведомственная - 21,63 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,65 руб.

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны.
Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

СОДЕРЖАНИЕ

И.Н. Шило

Белорусскому государственному аграрному техническому университету – 65 лет.....2

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

**В.В. Гуськов, А.С. Поварехо, А.А. Сушнев,
В.И. Шимукович, П.А. Шишко, В.Н. Гапанович,
П.В. Лысанович**

Исследование тягово-сцепных свойств колесного трактора при работе на переувлажненных землях.....8

А.А. Ананчиков

Стабилизация опорной реакции при контактном копировании поверхности поля навесным устройством кормоуборочного комплекса.....13

В.А. Казаков

Разработка и исследования зерноочистительной машины для технологии плющения зерна.....17

В.П. Чеботарев, В.Н. Еднач, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов

К вопросу формирования узкопрофильных гряд.....22

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

**В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай,
Т.Л. Сапсалева**

Переваримость питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки27

И.М. Швед

Определение производительности миксера при перемешивании жидкого навоза в навозохранилище.....30

И.А. Контровская, О.Г. Гануш

Бессубстратная технология выращивания овощей как фактор повышения эффективности овощеводства.....34

Энергетика. Транспорт

М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга
Экспериментальные исследования работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке.....38

Технический сервис в АПК. Экономика

О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко

Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей.....42

А.В. Мучинский, Н.Г. Королевич, Д.Ю. Ивашкевич

Расчет погектарного расхода топлива на механизированных работах.....46



БЕЛОРУССКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ АГРАРНОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 65 ЛЕТ

Белорусский государственный аграрный технический университет входит в элиту научно-образовательных центров Республики Беларусь и вносит весомый вклад в обеспечение экономической и интеллектуальной безопасности государства.

БГАТУ – учреждение образования с богатой историей и уникальными традициями. Летопись существования университета – свидетельство непрерывающегося развития и уверенного роста, приобретения авторитета как кузницы кадров для агропромышленного комплекса страны.

Биография университета началась в 1954 году, когда в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР и приказом министра высшего образования СССР от 16.08.1954 г. № 882 в Минске был открыт Белорусский институт механизации сельского хозяйства (БИМСХ), который начал готовить кадры по специальностям «Механизация сельского хозяйства» и «Электрификация сельского хозяйства».

Первым ректором БИМСХ был ученый в области организации и технологии ремонтно-обслуживающего производства в АПК, доктор технических наук, профессор Сулов Виктор Павлович. Заложенные еще тогда основы организации подготовки кадров высшей квалификации для сельскохозяйственной отрасли страны, укрепления и совершенствования материально-технической базы целенаправленно продолжают и успешно реализуются в университете и в настоящее время.

В последующие годы университет возглавляли – ученый в области сельскохозяйственного машиностроения, кандидат технических наук, доцент Горин Дмитрий Иустинovich (1959-1968 гг.); заслуженный работник сельского хозяйства БССР, кандидат технических наук, доцент Селицкий Сергей Сергеевич (1968-1977 гг.); заслуженный деятель науки БССР, ученый в области теории и проектирования дорожных мелиоративных и сельскохозяйственных машин, доктор технических наук, профессор Скотников Валерий Александрович (1977-1988 гг.); заслуженный работник образования Республики Беларусь, доктор технических наук, профессор, ака-

демик НАН Беларуси Герасимович Леонид Степанович (1988-2003гг.); доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси Казаровец Николай Владимирович (2003-2013гг.).

В стенах университета трудились многие известные ученые, которые внесли значительный вклад в его развитие – это доктор технических наук, профессор, академик АН БССР М.Е. Мацепуро; доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники БССР Д.А. Чудаков; доктор сельскохозяйственных наук, профессор И.И. Гарус; доктор экономических наук, профессор, М.Ф. Габышев; лауреат Государственной премии СССР, кандидат технических наук, профессор И.Р. Размыслович; доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Республики Беларусь И.Ф. Кудрявцев и многие другие. Под их руководством создавались и развивались научные школы и направления, получившие признание не только в нашей стране, но и за ее пределами.

С 1954 года в университете подготовлено более 57 тыс. высококвалифицированных специалистов, которые работают в различных должностях на предприятиях агропромышленного комплекса и в других отраслях народного хозяйства. Многие выпускники вуза стали руководителями сельскохозяйственных предприятий и организаций, известными учеными, трудятся на преподавательской работе в учреждениях высшего образования, занимают высокие государственные посты. Среди бывших выпускников БГАТУ – И.М. Бамбиза, ответственный секретарь Постоянного Комитета Союзного государства; Л.А. Маринич, бывший первый заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, а ныне Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Беларусь в Республике Узбекистан; М.А. Карчмит, Герой Беларуси; И.П. Ксенович, доктор технических наук, профессор, академик РАСХН; Л.С. Герасимович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси; Л.А. Тараненко, олимпийский чемпион; Н.Н. Слюньков, бывший Первый секретарь ЦК КПБ; А.В. Лис, председатель Брестского областного исполнительного комитета; И.Н. Макар, первый заместитель председателя Минского областного исполнительного комитета; В.М. Король, генеральный директор ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш»; А.И. Мороз, генеральный директор холдинга «БелОМО»; Н.В. Радоман, председатель правления СПК «Агрокомбинат Снов» и многие-многие другие руководители, ученые и специалисты.

В 1992 году в соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь БИМСХ был преобразован в аграрный технический университет (БАТУ). С 2000 года – Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (БГАТУ).

Сегодня БГАТУ – ведущий образовательный, научный и инновационный центр Республики Беларусь по подготовке высококвалифицированных инженерно-технических специалистов для отраслей агропромышленного комплекса. Получив в 2004 году этот статус, Белорусский государственный аграрный технический университет приобрел широкую известность не только в нашей стране, но и за ее пределами, вполне закономерно превратился в один из наиболее востребованных вузов для молодежи и необходимый для страны.

В университете сложилась органичная структура, отвечающая современным реалиям: ректорат, 6 факультетов, 34 кафедры и 28 их филиалов, созданных на производственных предприятиях, в НИИ и Научно-практических центрах НАН Беларуси, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (НИИМЭСХ), Республиканский учебно-производственный центр практического обучения новым технологиям и освоения комплексов машин в поселке Боровляны. В 2007 г. на базе БГАТУ образована Республиканская учебно-научно-производственная ассоциация «Агроинженер», объединяющая 16 аграрных колледжей.

В настоящее время в Белорусском государственном аграрном техническом университете обучается около 9 тысяч студентов. Образовательный процесс ведется по 12 специальностям на первой ступени высшего образования и 6 – на второй ступени высшего образования в магистратуре. Подготовка научных работников высшей квалификации в аспирантуре ведется по 14 специальностям и докторантуре – по 6, действует непрерывная интегрированная система профессионального образования (НИСПО).

Расширяется контингент обучающихся иностранных граждан – среди них граждане России, Украины, Казахстана, Туркменистана, Таджикистана, Грузии, Азербайджана, Латвии, Литвы, Германии, Норвегии, Китая, Нигерии, Эфиопии, Сирии, Ливана, ЮАР и других государств.

В университете осуществляется практико-ориентированная подготовка специалистов, способствующая приобретению навыков и опыта работы в реальных условиях, что позволяет выпускникам, направленным в сельскохозяйственные и производственные организации, сразу включаться в выполнение текущих задач, используя современные технические и информационные возможности.

С 2018 года подготовка кадров для АПК ведется по новым образовательным стандартам и учебным планам, в которых объемы практических и лабораторных занятий составляют 43%, учебные и производственные

практики – 32% от общего объема часов, отведенных на подготовку специалистов. Образовательный процесс на факультетах БГАТУ интегрирован с производством, со специализированными предприятиями и передовыми хозяйствами республики. В качестве баз для прохождения практики определены, созданные на предприятиях Минской области учебно-производственные центры университета – МРУП «Агрокомбинат «Ждановичи», СПК «Агрокомбинат Снов», ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский». Лучшим студентам предоставляется возможность пройти практику и стажировку за рубежом.

Профессорско-преподавательский состав университета всегда отличали высокий профессионализм и творческий подход к педагогической и научной деятельности. В настоящее время научную и учебно-методическую работу в БГАТУ обеспечивают около 400 преподавателей, в том числе 33 доктора наук, профессора, 170 кандидатов наук, доцентов, один академик и два члена-корреспондента НАН Беларуси.

Преподаватели БГАТУ не только готовят высококвалифицированных специалистов, они делают все для того, чтобы годы их учебы в университете стали незабываемыми и насыщенными яркими событиями, творчеством, научным поиском.

В образовательном процессе используются современные инновационные технологии, более 100 обучающих прикладных программ, средства мультимедиа, интерактивные доски, информационно-телекоммуникационные системы, совершенствуется учебно-воспитательная работа.

В университете функционирует учебно-выставочный центр сельскохозяйственной техники, где представлены новейшие образцы отечественной сельскохозяйственной техники, прошедшие государственные приемочные испытания.

В Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ ежегодно по образовательным программам повышают квалификацию, проходят переподготовку и стажировку более 3 тысяч слушателей. Основная задача института – систематическое обновление знаний руководящих работников и специалистов сельскохозяйственной отрасли с учетом развития широкого спектра инновационных направлений в агропромышленном комплексе, переподготовка кадров для получения новой квалификации, формирование у специалистов высокого профессионализма, современного экономического мышления, умения работать в условиях рыночных отношений.

Белорусский государственный аграрный технический университет не только учреждение образования – это еще и крупный научный центр страны, обладающий высоким научно-техническим потенциалом. БГАТУ имеет современную научно-исследовательскую базу, новейшее экспериментальное оборудование, позволяющее осуществлять комплексные научные исследования, обеспечивать их внедрение в производство и вести подготовку научных работников высшей квалификации.

По приоритетным направлениям развития аграрной науки в университете работают более 20 научных школ. Их возглавляют академики и члены-корреспонденты НАН Беларуси, доктора наук и другие ведущие ученые.

Основные направления научных исследований, проводимых в БГАТУ, соответствуют профилю подготовки в университете инженерно-технических специалистов АПК и включают такие современные направления, как разработка и освоение технологий упрочнения деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники; разработка современных методов и средств технического сервиса сельскохозяйственной техники и оборудования; обоснование параметров и разработка технических средств почвообработки и ухода за посевами сельскохозяйственных культур; обоснование параметров и разработка технических средств для кормопроизводства и кормоприготовления; разработка технологий производства консервированных продуктов питания на основе местного сырья; разработка оборудования и совершенствование технологий производства овощных культур в защищенном грунте; разработка методов и технических средств автоматизированного управления технологическими процессами производства сельскохозяйственной продукции; разработка энергосберегающих электро-технологий и оборудования; прикладные информационные технологии в АПК; обоснование и разработка стратегии обеспечения роста конкурентоспособности продукции АПК.

В 2016 году БГАТУ был аккредитован Государственным комитетом по науке и технологиям и Национальной академией наук Беларуси в качестве научной организации, что свидетельствует о высоком уровне проводимой в университете научно-исследовательской работы.

Научную деятельность в университете осуществляют – Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (НИИМЭСХ), 34 кафедры и 28 филиалов кафедр, созданных на производственных предприятиях и в НИИ, а также Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, Республиканский учебно-производственный центр в поселке Боровляны, технологический научно-

производственный центр «Технологические методы повышения работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники», 17 научно-исследовательских лабораторий и 4 студенческие.

За период с 1954 по 2018 гг. работниками, аспирантами и студентами университета получено 950 авторских свидетельств СССР и 750 патентов Республики Беларусь на изобретения и полезные модели.

Научные исследования, проводимые в БГАТУ, соответствуют приоритетным направлениям научной и научно-технической деятельности Республики Беларусь.

Большой вклад вносят наши ученые в выполнение государственных программ различного уровня. В настоящее время университет выполняет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в рамках шести государственных научных программ (ГНТП, ГПНИ, ГП), призванных решать перспективные задачи инновационной экономики страны: «Качество и эффективность агропромышленного производства»; «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций»; «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии»; «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении»; «Наукоемкие технологии и техника»; «Агрокомплекс – эффективность и качество». С 2016 г. БГАТУ является головной организацией-исполнителем региональной научно-технической программы (РНТП) «Инновационное развитие Минской области», 2016-2020 гг. В университете также ведутся научные исследования по заданиям Минсельхозпрода, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) и прямым хоздоговорам с предприятиями и организациями страны.

Ученые Белорусского государственного аграрного технического университета имеют огромный потенциал научных работ, которые воплощаются в новейшие технологии, современные приборы, уникальные материалы и механизмы. Ежегодно новые разработки БГАТУ внедряются в производство на предприятиях, в организациях, фермерских хозяйствах страны и позволяют обеспечивать импортозамещение. Только в 2018 году по результатам выполнения НИР работниками, аспирантами и студентами университета осуществлено 58 внедрений разработок в производство и 67 – в образовательный процесс. Новизна разработок подтверждена 24 патентами Республики Беларусь на изобретения и полезные модели.

Среди важнейших научных результатов, полученных в последние годы, можно отметить следующие. В университете эффективно ведутся работы по разработке и внедрению в производство технологий изготовления износостойких деталей рабочих органов почвообрабатывающих, посевных и кормоуборочных машин. В рамках выполнения РНТП «Инновационное развитие Минской области», 2016 – 2020 гг. разработана технология импульсной термической обработки для изготовления сменных режущих деталей сельскохозяйственных агрегатов для обработки почвы. Данная технология позволяет обеспечить эксплуатационные характеристики на уровне ведущих зарубежных аналогов при использовании в качестве материалов относительно недорогих среднеуглеродистых сталей. Технология внедрена в ОАО «Минский Агросервис» и используется при изготовлении сменных рабочих органов сельскохозяйственных агрегатов для обработки почвы, в частности лемехов и долот плугов «Фогель» и «Лемкен».

В настоящее время одним из важнейших направлений ресурсосберегающей деятельности в нашей стране является создание малоотходных и безотходных технологий в пищевой промышленности и разработка новых технологических процессов производства продукции технического назначения из вторичных сырьевых ресурсов. В рамках ГНТП «Ресурсосбережение» в БГАТУ создана технология изготовления смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) на основе отходов масложирового производства, используемого для финишной абразивной обработки поверхностей деталей машин. Использование принципа безотходности производства позволяет снизить стоимость СОТС на 20 – 30% при сохранении необходимого комплекса функциональных действий СОТС, а также обеспечить снижение отрицательной нагрузки на окружающую среду за счет распадающихся органических компонентов, повысить технико-экономические показатели связанных с процессами финишной обработки деталей и узлов машин. Технология внедрена в ОАО «Гомельский моторо-ремонтный завод».

Большое внимание в университете уделяется разработке компьютерных программ для сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств. В рамках инновационного проекта «Разработать базу данных и программное обеспечение автоматизированной системы планирования производства и эффективного использования кормовых ресурсов для молочно-товарного комплекса (АРМ)» учеными БГАТУ разработан программный комплекс автоматизированного рабочего места специалиста сельского хозяйства, который позволяет автоматизировать процесс планирования работ в хозяйствах с целью повышения рентабельности производства мясомолочной продукции, а также продукции растениеводства и оптимального использования земельных ресурсов. В

состав АРМ входят 9 программ, которые сведены в 3 группы: «зоотехник», «агроном», «МТП» по профилю выполняемых специалистами сельского хозяйства функциональных обязанностей. По сравнению с известными аналогами, база данных, используемая в программе для балансирования рационов, содержит таблицу показателей питательной ценности и микроэлементов кормов, составленную по результатам исследования кормовой базы хозяйств Республики, и таблицу суточных норм содержания в рационе показателей питательной ценности и микроэлементов по нормам, разработанным РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». АРМ охватывает все этапы производства мясомолочной продукции, позволяя проводить расчеты и контролировать результаты деятельности: определение структуры севооборота и его урожайности, планирование сроков сельскохозяйственной деятельности, использование машинно-тракторного парка, расчет необходимого количества удобрений, формирования структуры комбикормов, премиксов и рационов кормления с учетом планируемой продуктивности животных, осуществление зоотехнического и ветеринарного контроля животных. Разработанный программный комплекс внедрен в ряде хозяйств Минской области, занимающихся разведением крупного рогатого скота (КРС).

На постоянной основе в НИИМЭСХ БГАТУ ведутся научные исследования прикладного характера хозяйственными научно-исследовательскими лабораториями (НИЛ).

Работниками НИЛ тепличного овощеводства разрабатываются технологии возделывания сельскохозяйственных культур в открытом и закрытом грунте, сельскохозяйственные машины для реализации разработанных технологий возделывания. Результаты научных исследований широко внедряются в тепличных, овощеводческих и фермерских хозяйствах республики.

В НИЛ пищевых производств ведется разработка новых и актуализация существующих технических нормативных правовых актов для предприятий пищевой промышленности, разрабатываются рецептуры, технологии изготовления продуктов питания, технические условия. Работниками НИЛ разработаны оригинальные рецептуры и технологии изготовления натуральных овощных и мясо-растительных консервов для детского питания, соки на основе местного сырья. Выпуск данной продукции освоен на ОАО «Гамма вкуса», ОАО «Быховский овощесушильный завод», МОУП «Борисовский консервный завод».

Научно-исследовательской аналитической лабораторией (НИАЛ) выполняются НИР в рамках проекта государственной программы «Инновационные биотехнологии – 2» на 2016-2020 гг. «Разработать комплексную кормовую добавку и технологию ее производства для молочного скота на основе отечественного сырья, позволяющую повысить резистентность организма и продуктивность животных». Сотрудниками НИАЛ разработана оригинальная методика определения содержания в кормах структурных углеводов: нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки. Проводятся исследования по определению питательной ценности кормов, заготавливаемых и используемых для кормления КРС в хозяйствах Минской области, качества сельскохозяйственной продукции, состава почв и средств защиты растений.

Новые технические решения создаются также в процессе подготовки кандидатских и докторских диссертаций, научно-исследовательских студенческих работ, курсовых и дипломных проектов.

Благоприятная научная среда в университете позитивно сказывается и на склонности студентов заниматься научной деятельностью. Научно-исследовательскую работу студентов (НИРС) с полным правом можно назвать одним из основных средств повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов для АПК страны. НИРС является неотъемлемой частью образовательного процесса и включает систему методов, средств и организационно-экономических мероприятий, обеспечивающих в процессе подготовки кадров освоение различных этапов организации и выполнения фундаментальных, экспериментальных поисковых научно-исследовательских работ и инновационных проектов, направленных на решение научных задач, определяемых направлениями научно-исследовательской деятельности БГАТУ.

В 2018 году научно-исследовательской работой активно занимались более 2059 наших студентов. Ими опубликовано свыше 430 научных статей и тезисов докладов, результаты 34 НИРС внедрены в образовательный процесс и 41 – в производство.

Ежегодно студенты университета становятся победителями олимпиад и получают многочисленные дипломы и грамоты на республиканских и международных научных конференциях и конкурсах студенческих научных работ.

Студенты и аспиранты БГАТУ неоднократно удостоивались стипендий Специального фонда Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза работников АПК, Республи-

канского комитета Белорусского профсоюза, а также становились лауреатами премии Мингорисполкома и премии Национальной академии наук Беларуси в области технических наук.

Большое внимание в университете уделяется также пропаганде научно-технических разработок ученых нашего вуза. Только в 2018 году в Белорусском государственном аграрном техническом университете издано 7 монографий, 58 учебных пособий, опубликовано 293 статьи, из них 240 в рецензируемых изданиях, 48 – в зарубежных изданиях, 768 тезисов докладов по материалам научно-практических конференций, из них 168 – по материалам зарубежных конференций.

С целью коммерциализации научно-технических разработок университет принимает активное участие в международных и республиканских выставках инноваций в области сельскохозяйственного производства. БГАТУ постоянный участник международной выставки «БЕЛАГРО». Ежегодно представляемая университетом экспозиция включает тематические стенды, презентации, опытные образцы наиболее перспективных научных разработок.

Международное научно-техническое сотрудничество – одно из динамично развивающихся направлений деятельности университета. Соответствуя современным тенденциям интернационализации высшего образования, БГАТУ плодотворно сотрудничает в научно-образовательной деятельности с более чем 90 университетами и научными организациями СНГ, стран Евросоюза, Китайской Народной Республики и других государств. Особенно тесное сотрудничество осуществляется с вузами Российской Федерации, Республики Казахстан и Украины. БГАТУ является членом научно-образовательного консорциума между учреждениями высшего образования и НИИ Республики Беларусь и Республики Казахстан.

Университет принимает активное участие в реализации международных программ Европейского Союза «Erasmus+», «MOST», «HORIZONT – 2020», а также различных проектов с зарубежными партнерами, в рамках которых преподаватели и работники университета занимаются научной и образовательной деятельностью, выезжают за рубеж на стажировки, конференции, симпозиумы.

Обучение иностранных граждан – важная составляющая многогранной деятельности БГАТУ в области международного сотрудничества. Подготовка специалистов для зарубежных стран ведется в университете с 1963 года. За это время Белорусский государственный аграрный технический университет подготовил и выпустил свыше 1100 иностранных специалистов.

Научно-техническое сотрудничество с передовыми учебными и научно-исследовательскими центрами различных стран мира позволяет обмениваться официальными научными визитами, совместно решать важнейшие задачи по определенным направлениям современной науки.

Активная внешняя научная политика университета способствует формированию благоприятного имиджа БГАТУ и в целом Республики Беларусь за рубежом и является важным стимулом развития и роста научного и педагогического потенциала университета.

За достигнутые успехи в подготовке высококвалифицированных специалистов для агропромышленного комплекса страны Белорусский государственный аграрный технический университет награжден почетными грамотами Президиума Верховного Совета, Национального собрания Республики Беларусь, Совета Министров Республики Беларусь, НАН Беларуси, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Государственного комитета по науке и технологиям и других государственных органов. Работа университета по обеспечению европейского качества подготовки специалистов, формированию и внедрению системы менеджмента качества отмечена престижными наградами: «Лучшее предприятие Европы в области образования (европейский саммит в Оксфорде, сентябрь 2007 г.)» и «Золотой сертификат качества» (4-я Международная ассамблея качества в Москве, сентябрь 2008 г.). Признанием достижений БГАТУ на государственном уровне является присуждение университету в 2013 году Премии Правительства Республики Беларусь за достижения в области качества.

Встречая 65-летний юбилей, коллектив БГАТУ с оптимизмом смотрит в будущее и прилагает все усилия для сохранения и приумножения лучших традиций, созданных предшествующими поколениями ученых, преподавателей и студентов университета, развития вузовской науки, дальнейшего совершенствования качества подготовки высококвалифицированных инженерно-технических специалистов АПК.

***Ректор БГАТУ,
доктор технических наук,
профессор,
И.Н. Шило***

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

В.В. Гуськов,

профессор каф. «Тракторы» БНТУ, докт. техн. наук, профессор

А.С. Поварехо,

доцент каф. «Тракторы» БНТУ, канд. техн. наук, доцент

А.А. Сушнев, В.И. Шимукович, П.А. Шишко, В.Н. Гапанович, П.В. Лысанович,

студенты автотракторного факультета БНТУ

В статье рассматриваются вопросы о тягово-сцепных свойствах колесного трактора тягового класса 0.9, предназначенного для работы на переувлажненных землях при выращивании риса, клюквы и других сельскохозяйственных культур, требующих при вегетации большой влажности грунтовой поверхности. Приведены теоретические тяговые характеристики указанного трактора, позволяющие при проектировании оценить его тягово-сцепные свойства и экономичность. Даны рекомендации по улучшению его проходимости по слабым грунтам.

Ключевые слова: колесный трактор, теоретическая тяговая характеристика, тягово-сцепные свойства, проходимость.

The article deals with the traction-coupling properties of a wheeled tractor with traction class 0.9 intended for operation on water-saturated lands for growing rice, cranberry and other crops that require high humidity during vegetation. Theoretical tractive characteristics of the tractor which allow evaluating its traction-coupling properties and economy when designing are described. Recommendations to improve cross-country capacity on soft terrain are given.

Keywords: wheel tractor, theoretical traction characteristics, traction-coupling properties, patency.

Введение

При выполнении задания «Разработать и освоить производство тракторов мощностью 42, 60 л.с. для стран Юго-Восточной Азии, Африки и Латинской Америки» подпрограммы «Автотракторокомбайностроение» ГНТП «Машиностроение и машиностроительные технологии» на 2015...2020 гг. (ответственный исполнитель от БНТУ – профессор Гуськов В.В.) была разработана методика построения теоретической тяговой характеристики и проведены расчеты тягово-сцепных качеств малогабаритных тракторов при их работе на различных грунтах, в частности на переувлажненных, что соответствует условиям возделывания риса в Южно-Азиатском регионе. Кроме того, были разработаны рекомендации по улучшению тягово-сцепных свойств тракторов при работе на плодородных почвах.

Целью данной работы является исследование тягово-сцепных свойств и проходимости колесных тракторов на, переувлажненных землях и разработка рекомендаций по улучшению указанных свойств.

Основная часть

При оценке тягово-сцепных свойств и экономичности проектируемого колесного трактора используется теоретическая тяговая характеристика, основан-

ная на учете процесса взаимодействия колесного движителя трактора с грунтовой поверхностью.

Движитель рассматриваемого трактора с двигателем мощностью 60 л. с. выполнен со всеми ведущими колесами. При рассмотрении вопроса о его взаимодействии с грунтовой поверхностью потребовалось уточнить и использовать современные представления о процессах смятия и сдвига грунта [1-4] при динамическом приложении нагрузки, определяющих его тягово-сцепные свойства и особенно буксование.

Наиболее адекватно реальности процесс смятия и сдвига грунта при взаимодействии движителя колесного трактора с грунтовой поверхностью описывается уравнением, предложенным В.В. Кацыгиным [3].

Процесс смятия грунта:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot th \frac{k}{\sigma_0} \cdot h, \quad (1)$$

где σ – напряжение смятия, Н/м²;

σ_0 – предельная несущая способность грунтовой поверхности, Н/м²;

k – коэффициент объемного смятия грунта, Н/м³;

h – глубина погружения, м.

Процесс сдвига грунта:

$$\tau = b \cdot f_{ск} \cdot q_x \left(1 + \frac{f_{п}}{ch \frac{\Delta x}{k_{\tau}}} \right) th \frac{\Delta x}{k_{\tau}}, \quad (2)$$

где τ – напряжение сдвига Н/м²;

b – ширина штампа, м;
 q_x – давление, Н/м²;
 $f_{ск}, f_{п}$ – коэффициенты трения скольжения и по-
коя;
 Δ_x – сдвиг грунта, м;
 k_{τ} – коэффициент деформации, м.

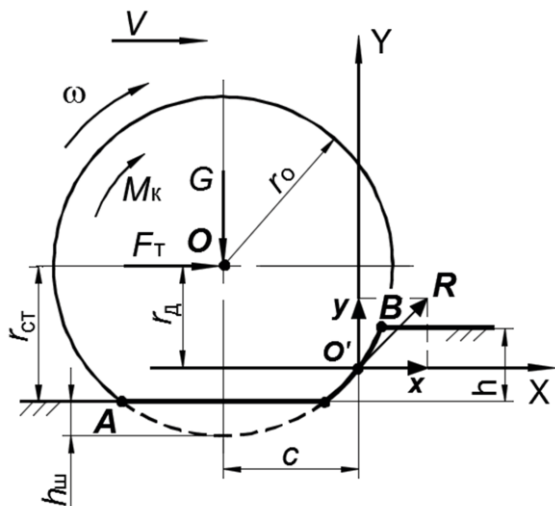


Рис. 1. Схема сил и моментов, приложенных к ведущему колесу, движущемуся по горизонтальной грунтовой поверхности в установившемся режиме

$$k_{\tau} = f(\Delta_0).$$

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

$r_0, r_{ст}, r_д$ – соответственно, номинальный статический и динамический радиусы колеса;
 c и $r_д$ – координаты точки O' приложения реакции грунтовой поверхности;
 F_T и M_K – толкающая сила и крутящий момент, приложенные к центру O колеса;
 h и $h_{ш}$ – глубина колеи и величина прогиба шины под нормальной нагрузкой G .

При расчетах взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью были приняты следующие допущения:

1. Колесо движется в установившемся режиме по горизонтальной поверхности.
2. Законы смятия и сдвига грунтов приняты в соответствии с теорией профессора В.В. Кацыгина.
3. Реальный диаметр ведущего колеса D_0 заменен приведенным диаметром в соответствии с предложениями профессоров М.Г. Беккера [2] и Бабкова В.Ф. [1].
4. Нормальные реакции грунта направлены перпендикулярно опорной поверхности колеса.

С учетом принятых допущений система уравнений, определяющих силу $F_{сnp}$ сопротивления движению и глубину колеи h , полученных профессором В.В. Гуськовым [4], имеет вид:

$$F_{сnp} = \int_0^{h_0} b \cdot \sigma_0 \cdot th \left[\frac{k}{2 \cdot b \cdot \sigma_0} \cdot \ln \frac{D_0 - h}{D_0 - h_0} \right] dh, \quad (3)$$

$$G = \int_0^{h_0} \frac{b \cdot \sigma_0 \cdot (D_0 - 2 \cdot h)}{2 \cdot \sqrt{D_0 \cdot h - h^2}} \cdot th \left[\frac{k}{2 \cdot b \cdot \sigma_0} \cdot \ln \frac{D_0 - h}{D_0 - h_0} \right] dh. \quad (4)$$

При движении по естественной поверхности грунта

процесс взаимодействия движителя трактора всегда сопровождается буксованием. Чтобы раскрыть природу буксования ведущего колеса трактора, рассмотрим процесс взаимодействия колеса с грунтовой поверхностью.

Как известно, при движении трактора возникают потери скорости за счет буксования ведущих колес. Существует несколько видений процесса буксования ведущих колес [1-6]. Одно из них, наиболее отображающее реальный процесс буксования ведущих колес, заключается в том, что при взаимодействии ведущего колеса с грунтом действуют силы трения между опорной поверхностью шины и грунтом: силы, возникающие при упоре грунтозацепов шины в грунт, силы, возникающие при срезе грунтового кирпича боковыми гранями грунтозацепов [4]. На дорогах с твердым покрытием основное значение имеют силы трения. На рыхлых грунтах значение сил сдвига и среза возрастает, и во многих случаях, является определяющим.

При движении ведущего колеса (рис. 2) его грунтозацепы сдвигают и срезают грунт в направлении, обратном движению. Упор грунтозацепов в грунт, сдвиг и срез грунтовых кирпичей, зажатых между ними, возможны только при полном использовании сил трения, т.е. когда имеется пробуксовка колеса.

Теоретически передача ведущего момента обязательно должна сопровождаться буксованием, в результате чего ось колеса перемещается как бы на соответствующее расстояние назад. В этом, главным образом, заключается физическая сущность буксования ведущих колес на деформируемой поверхности и причина снижения их поступательной скорости. Дополнительное незначительное снижение поступательной скорости ведущих колес обуславливается тангенциальными деформациями шин. Благодаря эластичности шин, в окружном направлении ее участки, приближающиеся при качении колеса к площадке контакта шины с грунтом, под действием ведущего момента сжимаются, вследствие чего путь, проходимый колесом за один оборот, уменьшается. Из сказанного выше следует, что сцепление опорной поверхности колеса с грунтом происходит за счет сил трения, возникающих между шиной и грунтом, и силы сдвига и среза грунтовых кирпичей, зажатых между грунтозацепами. При движении колеса ($v = \text{const}$) сдвиг и срез грунтовых кирпичей происходит в основном в период выхода последнего грунтозацепа опорной поверхности колеса из грунта (рис. 2). В этот момент нагрузка от вышедшего из зацепления грунтозацепа перераспределяется на остальные, находящиеся в зацеплении. Все грунтозацепы сдвигают и срезают грунт на одинаковую величину Δ_i , причем, первый сдвигается на величину Δ_i , второй – на величину $\Delta_i + \Delta_i = 2 \cdot \Delta_i$, третий – на $\Delta_i + \Delta_i + \Delta_i = 3 \cdot \Delta_i$ и т.д. Поскольку первый грунтозацеп пройдет все стадии зацепления от входа в грунт до выхода из него, наибольший сдвиг и срез грунта при выходе его из зацепления равен $\Delta_{max} = n \cdot \Delta_i$ (здесь n – число грунтозацепов в зацеплении опорной поверхности колеса с грунтом).

С другой стороны, наибольший сдвиг и срез грунта можно представить как произведение коэффи-

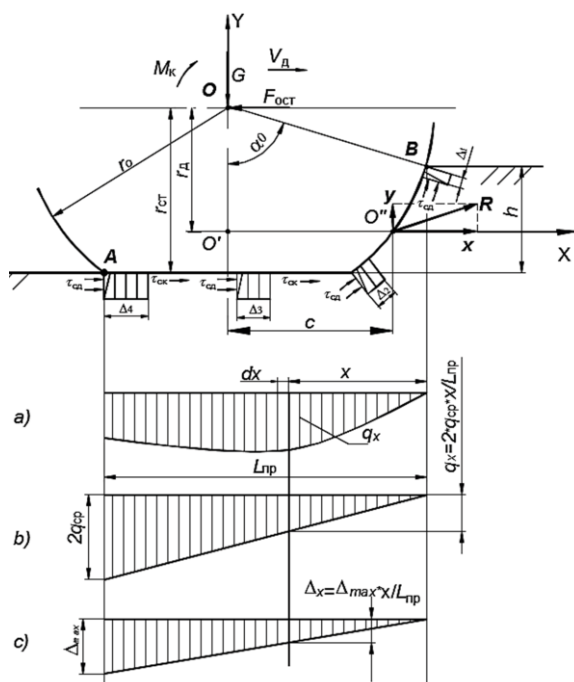


Рис. 2. Схема взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью

циента буксования δ на длину опорной поверхности колеса L , т.е. $\Delta_{max} = \delta \cdot L$.

Исследования [2, 4] показали, что распределение деформации сдвига и среза грунтовых кирпичей в контакте опорной поверхности колеса с грунтом можно представить в виде треугольника (рис. 2).

Напряжения сдвига $\tau_{сд.i}$, возникающие в грунте при воздействии на него грунтозацепов колеса, возрастают до определенного максимума, после чего убывают и при полном срезе грунтового кирпича достигают постоянного значения $\tau_{сд.ск}$.

В то же время напряжение $\tau_{ср}$, возникающее при срезе грунтового кирпича боковыми гранями грунтозацепа с высотой $h_{г_2}$, можно в первом приближении считать не зависящим от деформации.

Коэффициенты трения f_n покоя и скольжения $f_{ск}$ зависят от давления q_x , причем, чем больше давление, тем меньше их величина.

Таким образом, движущая реакция x ведущего эластичного колеса, оборудованного грунтозацепами, равна сумме сил трения и реакций сдвига и среза на каждом грунтозацепе и имеет максимальное значение при некотором буксовании, меньшем единицы (в пределах 25...45% буксования в зависимости от категории грунта).

Используем зависимость $\tau = f(\Delta)$, предложенную профессором В.В. Кацыгиным для определения зависимости движущей реакции (силы) x от напряжений сдвига [2].

При приложении крутящего момента M_k к ведущему колесу, возникает реакция сдвига, направленная в сторону качения колеса (рис. 2), направленная нормально к упорам грунтозацепа.

Тогда уравнение, определяющее зависимость си-

лы тяги от буксования имеет вид:

$$x = \int_0^{L_{пр}} b \cdot f_{ск} \cdot q_x \left(1 + \frac{f_n}{ch \frac{\delta_x \cdot L_{пр}}{k_{\tau}}} \right) \cdot th \frac{\delta_x \cdot L_{пр}}{k_{\tau}} dx, \quad (5)$$

где $L_{пр}$ – приведенная длина опорной части колеса (AB, рис. 2):

$$L_{пр} = r_0 \cdot arctg \sqrt{\frac{2r_0 \cdot h - h^2}{r - h}} + \sqrt{2r_0 \cdot h}. \quad (6)$$

Следует отметить, что давление q_x опорной поверхности колеса распределено неравномерно по длине $L_{пр}$.

Для упрощения расчетов [1, 2, 4] проводят замену сложной эпюры распределения давления по опорной поверхности колеса, в которой максимальное q_x давление достигает значения $q_{xmax} = 2 \cdot q_{ср}$. Принимая эти допущения, можно определить зависимость движущей реакции x от буксования δ по следующему выражению:

$$x = \int_0^{L_{пр}} \frac{2 \cdot b \cdot f_{ск} \cdot q_{ср} \cdot x}{L_{пр}^2} \left(1 + \frac{f_n}{ch \frac{\delta_x \cdot L_{пр}}{k_{\tau}}} \right) \cdot th \frac{\delta_x \cdot L_{пр}}{k_{\tau}} dx. \quad (7)$$

Используя вышеприведенные зависимости, были построены тяговые характеристики, определяющие тягово-сцепные свойства и экономичность колесного трактора при работе на слабых грунтах.

Исходные данные для построения характеристик:

1. Сцепная и конструктивная массы равны 2300 и 2170 кг соответственно.
2. Скоростная характеристика дизеля, устанавливаемого на трактор (номинальная мощность дизеля 60 л. с. при 3000 об/мин и номинальный удельный расход топлива 252 г/час).
3. Тип движителя: переднее колесо – 9.5-20, заднее колесо – 14,9R24.
4. Диапазон скоростей движения: 1,3...32,1 км/час.
5. Число передач переднего хода – 16.

Характеристики построены для двух категорий грунта, физико-механические свойства которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства грунтовой поверхности

Категория грунта	$\sigma_{0,2}$ Н/м ²	k , Н/м ³	k_{τ} , м	Влажность W, %
Стерня, суглинка нормальной влажности	$1,58 \cdot 10^6$	$0,58 \cdot 10^6$	0,04	16...18
Переувлажненное рисовое поле, чернозем	$1,21 \cdot 10^6$	$0,32 \cdot 10^6$	0,02	58...70

При построении были приняты следующие допущения:

1. Трактор движется по горизонтальной поверхности в установившемся режиме.
2. Характеристика строится для четырех основных передач:

1 – 4-я передача II-го диапазона, $v = 32,1$ км/ч;

2 – 2-я передача II-го диапазона, $v = 17,5$ км/ч;

3 – 1-я передача I-го диапазона, $v = 9,4$ км/ч;

4 – 1-я передача I-го диапазона, $v = 3,8$ км/ч.

3. Коэффициент полезного действия, оценивающий потери энергии в трансмиссии, принят постоянным, независимым от скорости и равным $\eta_{тр} = 0,92$, а коэффициент полезного действия, учитывающий потери энергии на гистерезис в шинах $\eta_{г} = 0,97$.

При расчете сил сопротивления качению $F_{снр}$ использовали зависимости (3, 4), а при определении касательной силы тяги F_k и буксования [4, 5, 7, 8].

Тяговый коэффициент полезного действия η_T рассчитывается по формуле:

$$\eta_T = \eta_{тр} \cdot \eta_{г} \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_{снр} = \eta_{тр} \cdot \eta_{г} \cdot (1 - \delta) \cdot \left(1 - \frac{F_{снр}}{F_k}\right). \quad (8)$$

Действительная v_d скорость движения:

$$v_d = v_t \cdot (1 - \delta) = \frac{\pi \cdot n_{дв}}{30} \cdot r_k \cdot (1 - \delta), \quad (9)$$

где v_t – теоретическая скорость движения, км/ч;

δ – буксование (в долях единицы, 0...1);

$n_{дв}$ – обороты двигателя, об/мин;

r_k – радиус качения колеса, м.

При расчетах r_k был принят равным динамическому радиусу колеса r_d .

Удельный часовой расход топлива $g_{кр}$ полезной мощности на крюке рассчитываем по формуле:

$$g_{кр} = \frac{g_e}{\eta_T},$$

где g_e – удельный часовой расход топлива на единицу мощности двигателя.

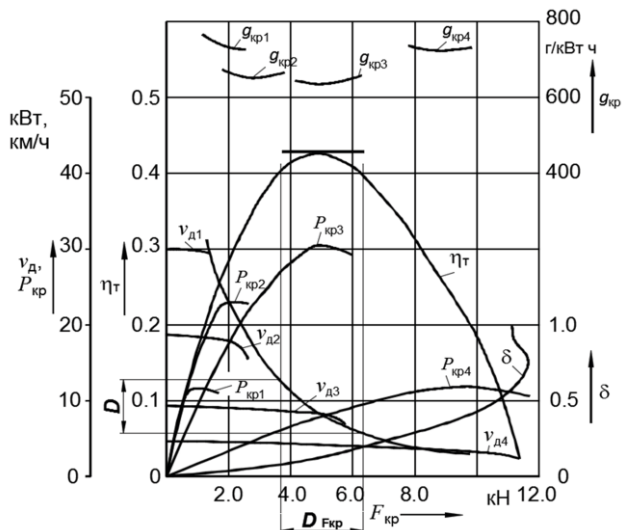


Рис. 3. Теоретическая тяговая характеристика трактора с двигателем мощностью 60 л. с. (переувлажненное рисовое поле, $W = 41 \dots 45\%$, $f=0,25$, $\phi_{max}=0,48$): диапазон оптимальных крюковых нагрузок $D_{Фкр}=3,6 \dots 6,8$ кН; максимальный тяговый коэффициент полезного действия $\eta_{Tmax} = 0,43$

Так, максимальный η_{Tmax} на переувлажненном рисовом поле равен 0,43 при оптимальном диапазоне тяговых усилий $D_{Фкр} = 3,8 \dots 6,4$ кН и максимальной

мощности на крюке $P_{крmax} = 32$ кВт. В то же время при работе на суглинке $\eta_{Tmax} = 0,69$; $D_{Фкр} = 5,3 \dots 11,2$ кН и $P_{крmax} = 42$ кВт.

Такой небольшой диапазон крюковых усилий ($D_{Фкр} = 3,8 \dots 6,4$ кН) не дает экономично работать рассматриваемому трактору с большинством агрегируемых машин, предназначенных для механизации работ по возделыванию риса [4].

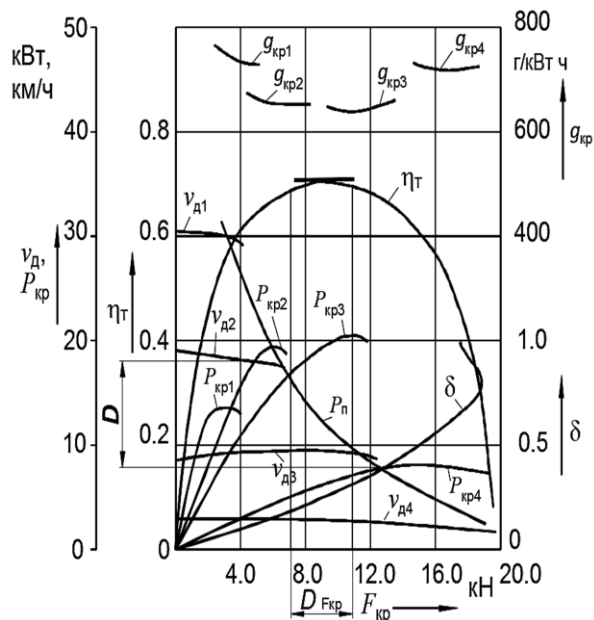


Рис. 4. Теоретическая тяговая характеристика трактора с двигателем мощностью 60 л. с. (стерня суглинка с нормальной влажностью, $W = 16 \dots 18\%$, $f=0,05$, $\phi_{max}=0,83$): диапазон оптимальных крюковых нагрузок $D_{Фкр}=7,1 \dots 10,9$ кН; максимальный тяговый коэффициент полезного действия $\eta_{Tmax} = 0,69$

Для улучшения тягово-сцепных свойств и экономичности, а также проходимости колесного трактора при работе на переувлажненных землях существует несколько направлений, основными из которых являются:

- снижение давления воздуха в шинах;
- применение арочных шин;
- использование уширителей колес и ряд других решений.

Наиболее предпочтительно, по мнению авторов, использование уширителей колес (рис. 5) [6].

На графике (рис. 6) показаны зависимости $\eta_T = f(F_{кр})$ и $\delta = f(F_{кр})$ для трактора с двигателем 60 л. с. при работе на переувлажненной стерне тяжелого суглинка. Из графика видно, что с применением уширителей типа металлических решетчатых колес (рис. 5), тягово-сцепные качества колес резко улучшаются – снижается буксование δ и увеличивается тяговый КПД η_T .

Для обеспечения движения трактора по дорогам с твердым покрытием без демонтажа уширителей, наружный радиус последних должен быть меньше по сравнению со статическим радиусом колеса $r_{ст}$ на некоторую величину Δh (рис. 5), определяемую ста-

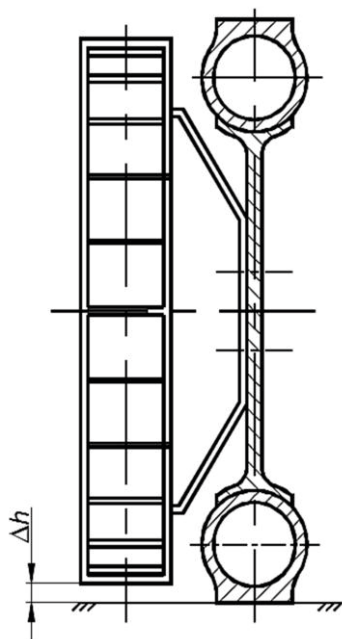


Рис. 5. Схема использования дополнительных решетчатых колес

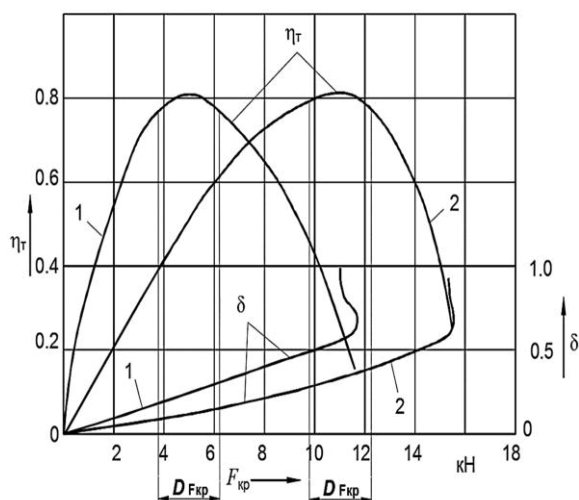


Рис. 6. Зависимость тягового КПД трактора с двигателем мощностью 60 л. с. и его буксования при работе на переувлажненной почве (вегетация риса, клюквы, $W = 41...45\%$), оборудованного шинами рисовой модификации (1) и при установке дополнительных уширителей колес (2)

тическим радиусом шин ведущих колес трактора.

Заключение

1. Анализ процесса взаимодействия ведущих ко-

лес трактора с грунтовой поверхностью, основанный на использовании современных представлений о смятии и сдвиге грунта, позволяет определить тягово-сцепные свойства проектируемого трактора при работе на переувлажненных землях.

2. Разработанная методика построения теоретической тяговой характеристики проектируемого трактора тягового класса 0.9 с двигателем мощностью 60 л. с. позволяет оценить его наиболее благоприятный тяговый и скоростной диапазоны ($D_{F_{кр}}$ и D_{v_d}).

3. Вместе с тем, тяговый диапазон крюковых усилий указанного трактора недостаточен для агрегатирования с рядом сельхозмашин, предназначенных для возделывания риса.

4. С целью увеличения тягового диапазона предлагается применить дополнительные решетчатые колеса, увеличивающие силу тяги в 1,5...2 раза и уменьшающие буксование трактора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В.Ф. Проходимость колесных машин по грунту / В.Ф. Бабков. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 182 с.
2. Беккер, М.Г. Введение в теорию системы местность-машина; перевод с английского д-ра техн. наук, профессора В.В. Гуськова – М.: Машиностроение, 1973 – 519 с.
3. Гуськов, В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов – М.: Машиностроение, 1966 – 196 с.
4. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов [и др.]; под ред. В.В. Гуськова / М.: Машиностроение, 1988 – 376 с.
5. Загниева, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Загниева, Г.П. Лышко, А.Н. Скороходов. – М.: Колос, 1996. – 320 с.
6. Колобов, Г.Г. Тяговые характеристики тракторов / Г.Г. Колобов, А.П. Парфенов. – М.: Машиностроение, 1972 – 151 с.
7. Научно-исследовательский отчет по выполнению задания 1.6 «Разработать и освоить производство тракторов мощностью 42, 60 л.с. для стран Юго-Восточной Азии, Африки и Латинской Америки» подпрограммы «Автотракторостроение» Государственной научно-технической программы «Машиностроение и машиностроительные технологии» на 2015...2020 гг.
8. Lapan Hasie Pencijan Tractor Roda Empat. Отчет по испытаниям тракторов «БЕЛАРУС» – 421, Индонезия, 2016.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.03.2019

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПОРНОЙ РЕАКЦИИ ПРИ КОНТАКТНОМ КОПИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЯ НАВЕСНЫМ УСТРОЙСТВОМ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМПЛЕКСА

А.А. Ананчиков,

мл. науч. сотр. лаборатории электрогидравлических систем управления НИЦ «Бортовые системы управления мобильных машин» Объединенного института машиностроения НАН Беларуси, магистр техн. наук, аспирант

Рассмотрен подход к построению системы копирования с учетом изменения коэффициента передачи навесного устройства. Составлено математическое описание функционирования указанной системы при наличии кинематических возмущений со стороны поверхности поля. Приведены вычислительные реализации процесса функционирования системы с использованием компьютерного моделирования, выполнены обработка и анализ полученных результатов.

Ключевые слова: контактное копирование, активная система, навесное устройство, адаптер, опорное колесо, поверхность поля, кинематическое возмущение, математическое описание, датчик давления, задающее воздействие.

The approach to the construction of a copying system taking into account the change in the transmission coefficient of the mounted device is considered. A mathematical description of the functioning of this system in the presence of kinematic perturbations from the side of the field surface has been compiled. The computational implementations using computer simulation of the system operation process are presented and the processing and analysis of the obtained results are carried out.

Keywords: contact copying, active system, mounted device, adapter, support wheel, field surface, kinematic perturbation, mathematical description, pressure sensor, setting the effect.

Введение

Копирование поверхности поля при работе кормоуборочной техники происходит контактным способом. В этом случае на опорные элементы адаптера действует реакция со стороны почвы в зависимости от его веса. Качественное копирование поверхности поля рабочими органами позволяет стабилизировать высоту расположения рабочего органа кормоуборочного комплекса над поверхностью поля путем уменьшения реакции на опорные колеса, что позволяет предотвратить разрушение стерни многолетних трав.

Зерноуборочные комбайны оснащаются системами копирования, которые исключают контакт рабочего органа над поверхностью поля, а измерение высоты его расположения реализуется при помощи подпружиненного шупа, кинематически связанного с регулятором [1].

В состав копирующих устройств входят опорные элементы, шарнирно-рычажные звенья и уравнивающие системы, которые по принципу действия можно разделить на механические, гидравлические и электрогидравлические.

Механическая система с шарнирно-рычажными звеньями и блоком уравнивающих пружин представлена в работе [2]. Ее преимуществами является надежность и простота обслуживания, а недостатком – возникновение эффекта галопирования, т. е. отрыв опорных элементов подборщика от поверхности поч-

вы и их периодического ударного взаимодействия с гребнями поля. Гидравлическая пассивная система, описанная в работе [3], использует в качестве уравнивающего упругого элемента гидроцилиндра с присоединенными к нему пневмогидроаккумуляторами (ПГА). Преимуществом системы является нелинейная жесткость гидравлической пружины, полученной за счет различной зарядки блока ПГА, сообщенного с гидроцилиндром, что позволяет подбирать необходимую характеристику изменения реакции на опорных элементах. Недостатком указанного способа является неудовлетворительное качество копирования при больших кинематических возмущениях.

В работе [4] авторы рассмотрели вопросы разработки научно-методических положений построения электрогидравлической системы контактного копирования кормоуборочного комбайна. Указанная активная система снижает заданное контактное усилие в большом диапазоне возмущающих воздействий. Следует заметить, что в приведенных литературных источниках при построении активных систем контактного копирования поверхности поля не учитывалось изменение кинематических параметров навесного устройства при его взаимодействиях с поверхностью поля.

Целью работы является повышение качества копирования поверхности поля за счет стабилизации опорной реакции с учетом изменения коэффициента передачи навесного устройства при его движении.

Основная часть

Объектом исследования является система копирования поверхности поля кормоуборочного комплекса. На рисунке 1 показана кинематическая схема

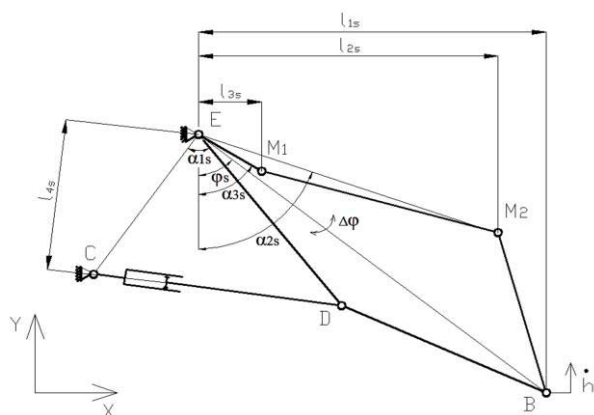


Рис. 1. Кинематическая схема навесного устройства

навесного устройства привода рабочих органов подборщика с опорным колесом и указанием кинематических связей, весовых нагрузок и конструктивных параметров, а также перемещений характерных точек остова при его смещении из статического положения (индекс «s»). Указанная схема является наиболее распространенной схемой системы уравнивания, питающе-измельчающего аппарата (ПИА) и адаптера, с применением ПГА на кормоуборочных машинах [6], и отражает принцип контактного копирования поверхности поля рабочими органами, имеющими опорное колесо. Такая схема получила широкое распространение вследствие того, что качание ПИА с адаптером вокруг оси вращения измельчающего аппарата позволяет иметь постоянный зазор между подающими вальцами и ножами ротора-измельчителя, а жесткое соединение адаптера с ПИА создает зону перехода технологической массы из адаптера в питающий аппарат [3].

Согласно приведенному рисунку, точка касания опорного элемента адаптера с почвой, центры масс ПИА и адаптера обозначены соответственно B , M_1 и M_2 . Указанные массы совершают поворот на угол $\Delta\varphi$ относительно оси качания ПИА и адаптера E . Шарниры C и D размещены соответственно на раме и адаптере. При этом опорное колесо в точке B взаимодействует с поверхностью поля $h(t)$, м, отражающим неровность поверхности. Кинематические параметры l_1 , l_2 , l_3 и l_4 , м, навесного устройства определены геометрически из треугольников, стороны которых обозначены следующим образом: $EB=L_1$, $EM_2=L_2$, $EM_1=L_3$, $CD=L_4$, $EC=L_5$ и $ED=L_6$, м, а начальное значение их углов φ_s , α_{1s} , α_{2s} и α_{3s} , радиан.

Математическое описание процесса функционирования системы копирования представлено в виде дифференциальных уравнений второго порядка, описывающих движение сосредоточенных масс, а также уравнений баланса расходов в узлах гидросистемы, отражающих неразрывность потоков циркулирующей

рабочей жидкости [4]. Для определения начальных и граничных условий, а также коэффициентов дифференциальных уравнений выполнен кинестатический анализ механизма вывешивания (рис. 1). При составлении математического описания также принято допущение, что компрессия или расширение газа протекает достаточно быстро при отсутствии теплообмена с окружающей средой в адиабатном режиме. Определим качество функционирования агрегата при изменении высоты неровности поверхности поля, которая соответствует экспоненциальной функции

$$h = A_h(1 - e^{-\frac{t}{T_h}}),$$

где A_h – амплитуда неровности, м;

t – время, с;

T_h – период возмущающего воздействия, с.

Изменение угла поворота адаптера при воздействии возмущения соответствует выражению

$$\Delta\varphi = \arccos\left(\frac{L_1 \cos(\varphi_s) - h}{L_1}\right) - \varphi_s.$$

Кинематические параметры l_1 , l_2 и l_3 определяются из соответствующих треугольников:

$$l_1 = L_1 \sin(\varphi_s + \Delta\varphi);$$

$$l_2 = L_2 \sin(\alpha_{2s} + \Delta\varphi);$$

$$l_3 = L_3 \sin(\alpha_{3s} + \Delta\varphi).$$

Согласно теореме косинусов, сторона L_4 треугольника CED определяется формулой:

$$L_4 = \sqrt{L_5^2 + L_6^2 - 2 L_5 L_6 \cos(\alpha_{1s} + \Delta\varphi)},$$

а кинематический параметр l_4 соответствует выражению:

$$l_4 = \frac{2\sqrt{p(p-L_4)(p-L_5)(p-L_6)}}{L_4},$$

где полупериметр равен

$$p = \frac{1}{2}(L_4 + L_5 + L_6).$$

Скорость перемещения $\dot{x}_A$, м/с, штока гидроцилиндра под воздействием внешнего возмущения определяется согласно равенству

$$\dot{x}_A = \frac{L_4 - L_{40}}{\Delta t}, \quad (1)$$

где Δt – квант времени, с.

Потоки рабочей жидкости, циркулирующие в гидросистеме с постоянным давлением питания p , Па, при регулировании давления p_A , Па, в гидроцилиндрах, показаны на рисунке 2.

При расширении газа в объемах v_1 и v_2 , м³, гидропневмоаккумуляторы 1, 2 и 3, 4 образуют потоки рабочей жидкости q_1 и q_2 , м³/с в объемах V_1 и V_2 , м³, которые суммируются в узлах гидросистемы с потоками q_a и q_h , м³/с обратного клапана 5 и входного дросселя 6 с давлением p_a , Па на выходе. Потоки рабочей жидкости q_A и q_s , м³/с соответствуют перемещению поршня гидроцилиндров 7 и 8 с рабочими объемами $V_A/2$, м³ при подъеме и опускании навесного устройства посредством управляемого клапана 9 (линия Y).

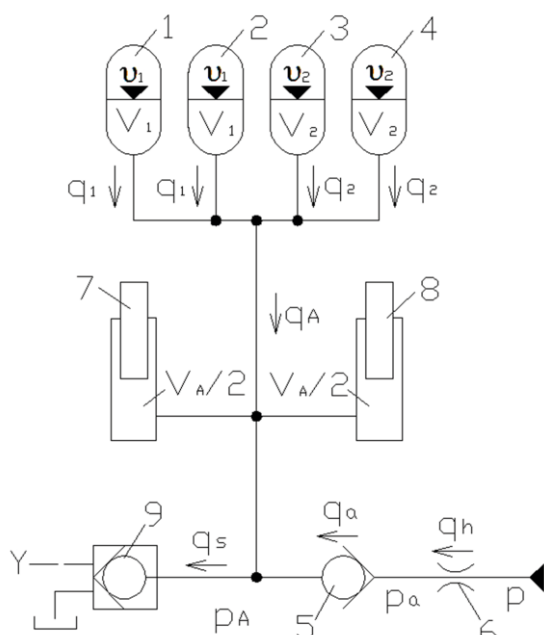


Рис. 2. Схема распределения потоков рабочей жидкости в узлах гидросистемы

Сжимаемость рабочей жидкости в общем для гидроцилиндра и ПГА узле гидросистемы характеризуется приведенным коэффициентом

$$K_E = \frac{E}{1,2(2V_1 + 2V_2 + V_A)},$$

где E – модуль упругости рабочей жидкости, Па.

Из баланса потоков рабочей жидкости в общем для гидроцилиндра и ПГА узле гидросистемы можно вычислить производную давления в цилиндре

$$\dot{p}_A = K_E(2q_1 + 2q_2 - q_A + q_a)$$

с начальными $p_{AS} = 54,33 \cdot 10^5$ Па, и граничными $p_{Amax} = 250 \cdot 10^5$ Па и $p_{Amin} = 0$ Па, условиями.

Масса ПИА с подборщиком, приведенная к поршню гидроцилиндра, определяется суммой

$$M = M_1 k_{G1}^2 + M_2 k_{G2}^2.$$

где k_{G1} и k_{G2} – коэффициенты передачи навесного устройства.

Усилие F_D в шарнире навесного устройства определяется взаимодействием поршня гидроцилиндра с ПИА при кинематических возмущениях со стороны поверхности поля или при активном управляющем воздействии от регулятора путем подачи потока рабочей жидкости в указанный гидроцилиндр согласно величине рассогласования в системе

$$F_D = p_A A - \lambda_A \dot{x}_A - M \ddot{x}_A,$$

где λ_A – коэффициент вязкого трения, кг/с,

A – площадь гидроцилиндра, м².

Уравнения, описывающие движение разделителя сред ПГА, имеют вид

$$m_r \ddot{x}_1 = A_a(p_1 - p_A) - \lambda_r \dot{x}_1,$$

$$m_r \ddot{x}_2 = A_a(p_2 - p_A) - \lambda_r \dot{x}_2,$$

где m_r , λ_r и A_a – масса, кг, коэффициент вязкого трения, кг/с и площадь, м², разделителя сред ПГА, а также начальные и граничные условия $\dot{x}_1 = 0$ м/с, $\dot{x}_2 = 0$ м/с, $x_1 = 0,08$ м, $x_2 = 0,01317$ м, $x_{1,2 \min} = 0$ м, $x_{1,2 \max} = 0,01398$ м.

Давление газа в полостях ПГА согласно уравнению его состояния:

$$p_1 = p_{1(t=t-\Delta t)} \left(\frac{x_{1(t=t-\Delta t)}}{x_1} \right)^\xi;$$

$$p_2 = p_{2(t=t-\Delta t)} \left(\frac{x_{2(t=t-\Delta t)}}{x_2} \right)^\xi,$$

где ξ – показатель адиабатного процесса.

Потоки рабочей жидкости в соответствующих узлах гидросистемы определяются согласно выражениям:

$$q_A = \dot{x}_A A;$$

$$q_1 = \dot{x}_1 A_a;$$

$$q_2 = \dot{x}_2 A_a.$$

При контактном копировании поверхности поля в случае изменения давления рабочей жидкости в гидроцилиндре, величина которого определяется выходным сигналом датчика, со стороны регулятора формируются управляющие воздействия.

Формулы для определения указанных воздействий в зависимости от рассогласования в виде потоков рабочей жидкости со стороны регулятора имеют вид

$$q_h = k_h i_h; \quad (2)$$

$$q_s = k_s i_s, \quad (3)$$

где k_h и k_s – коэффициенты передачи электромагнитов подъема и опускания; i_h и i_s – токи управления, А.

Равенство потоков рабочей жидкости q_a и q_h позволяет записать следующее выражение:

$$p_a = \frac{q_h^2 p + k_a^2 x_a^2 p_A}{k_a^2 x_a^2 + q_h^2},$$

где k_a и x_a – параметр гидравлической проводимости и перемещение обратного клапана, м.

Поток рабочей жидкости, протекающий через обратный клапан, равен произведению

$$q_a = k_a x_a \sqrt{p_a - p_A}.$$

Под действием разности давлений затвор обратного клапана перемещается, сжимая возвратную пружину, в условиях следующего баланса сил:

$$m_a \ddot{x}_a = \frac{\pi d_a^2}{4} (p_a - p_A) - \lambda_a \dot{x}_a - c_a x_a - N_a,$$

где m_a и d_a – масса, кг, и диаметр, м², седла обратного клапана;

λ_a – коэффициент вязкого трения, кг/с;

c_a и N_a – жесткость, Н/м, и предварительное поджатие пружины, Н, с начальными и граничными условиями $\dot{x}_a = 0$ м/с, $x_1 = 0$ м, $x_{a \min} = 0$ м, $x_{a \max} = 3 \cdot 10^{-3}$ м.

Реакцию на опорном колесе можно определить по уравнению равенства моментов сил, действующих на навесное устройство

$$R_B = \frac{G_1 l_3 + G_2 l_2 - F_D(p_A) l_4}{l_1},$$

где G_1 , и G_2 – вес ПИА и адаптера кормоуборочного комбайна, Н.

Анализ вышеприведенного выражения показывает, что для стабилизации заданной реакции на опорное колесо при изменении кинематических параметров навесного устройства необходимо регулировать давление в силовых гидроцилиндрах, формируя величину задающего воздействия $W(h)$ (рис. 3).

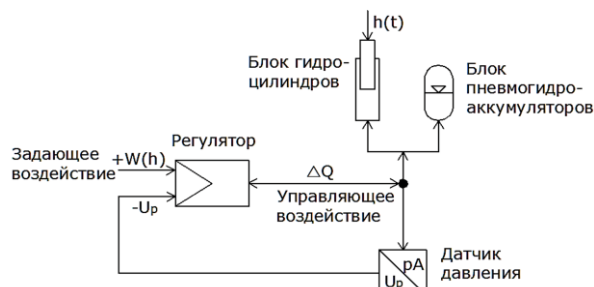


Рис. 3. Структурная схема системы копирования кормоуборочного комплекса

Путем графо-аналитического анализа кинематических и конструктивных параметров электрогидравлического привода навесного устройства получена статическая характеристика в виде полинома, отражающего зависимость давления в гидроцилиндрах от высоты неровности

$$p_A = 3182000 \cdot h + 5424000, \text{ Па.}$$

На основе математического описания составлена компьютерная модель в среде *MATLAB*. Ниже приведены исходные данные, использованные в вычислениях: $\varphi_s = 0.9076$; $\alpha_{1s} = 1.2989$; $\alpha_{2s} = 1.239$; $\alpha_{3s} = 1.0123$; $L_1 = 1.565$, м; $L_2 = 1.125$, м; $L_3 = 0.261$, м; $L_4 = 0.9311$, м; $L_5 = 0.8144$, м; $L_6 = 0.634$, м; $v_1 = 0.0011$, м³; $v_2 = 0.0019$, м³; $V_1 = 8.8 \cdot 10^{-4}$, м³; $V_2 = 1.15 \cdot 10^{-4}$, м³; $G_1 = 14504$, Н; $G_2 = 19600$, Н; $E = 0.7 \cdot 10^9$, Па; $A = 0.0077$, м²; $A_a = 0.0143$, м²; $V_{AS} = 0.0014$, м³; $\lambda_A = 200000$, кг/с; $\lambda_a = 300$, кг/с; $\lambda_r = 100$, кг/с; $m_r = 0.1$, кг; $\xi = 0.7143$, $k_h = 3.3 \cdot 10^{-4}$, $k_i = 3.3 \cdot 10^{-4}$, $k_a = 0.0011$, $m_a = 0.05$, кг; $d_a = 0.012$, м²; $c_a = 2000$, Н/м; $N_a = 5$, Н; $k_{G1} = 3.2$, $k_{G2} = 2.4$, $\Delta t = 10^{-5}$, с.

Рассмотрим сравнительные вычислительные реализации процесса функционирования системы копирования, отражающие эффективность автоматической настройки задающего воздействия.

На рисунке 4 представлены графики изменения давления рабочей жидкости в силовых гидроцилиндрах.

На рисунке 5 представлены графики изменения реакции на опорное колесо со стороны поверхности поля.

Результаты теоретических исследований, согласно рисунку 4, при экспоненциальном возмущающем воздействии (высота неровности $A_h = 0.1$, м; периодом $T_h = 1$, с) приведены в таблице. Таблица отражает влияние структуры системы копирования на эффективность стабилизации реакции на опорное колесо со стороны поверхности поля, где желаемому значению реакции R_{BS} , Н, соответствуют отклики по ее среднему $\bar{R}_B$ и максимальному R_{Bmax} значениям.

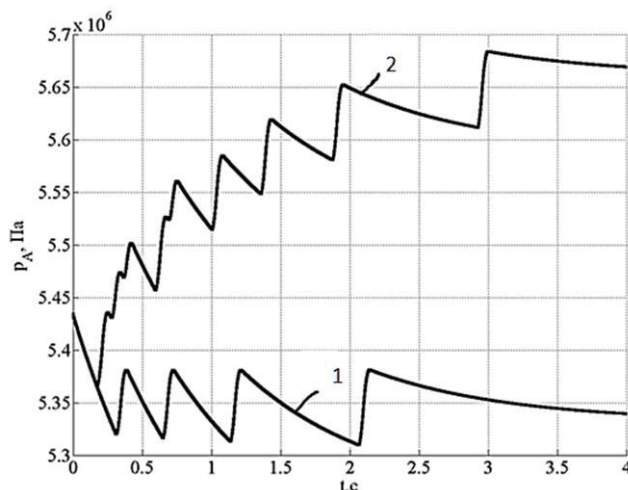


Рис. 4. Давление рабочей жидкости в полости гидроцилиндра: 1 и 2 – процессы, соответствующие задающим воздействиям $W=const$ и $W(h)$

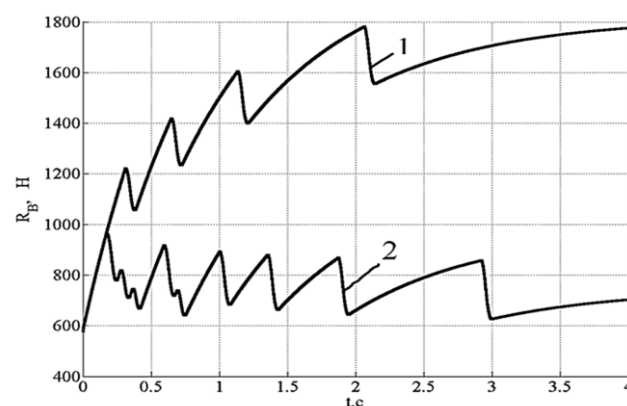


Рис. 5. Реакция на опорное колесо со стороны поверхности поля: 1 и 2 – процессы, соответствующие задающим воздействиям $W=const$ и $W(h)$

Таблица. Сравнительный анализ результатов теоретических исследований

Структура системы	R_{BS} , Н	$\bar{R}_B$, Н	R_{Bmax} , Н
$W=const$	500	1540	1800
$W(h)$		746	900

Система копирования с автоматической настройкой задающего воздействия позволяет более точно поддерживать небольшую величину реакции на опорное колесо, что обеспечивает качественное выполнение технологических операций кормоуборочным комплексом.

Заключение

Математическое описание процесса функционирования электрогидравлического привода навесного устройства кормоуборочного комплекса устанавливает взаимосвязь между реакцией на опорное колесо со стороны поверхности поля и давлением рабочей жид-

кости в гидроцилиндрах указанного привода при кинематических возмущениях.

Сравнительные теоретические исследования показывают, что система копирования с автоматической настройкой задающего воздействия позволяет более точно поддерживать небольшую по величине величину реакции на опорном колесе, что обеспечивает качественное выполнение технологических операций кормоуборочным комплексом. При этом максимальное изменение реакции на опорное колесо со стороны поверхности поля и ее среднее значение уменьшаются в 2 раза, что позволяет избежать поломки опорных колес и предотвратить разрушение стерни многолетних трав.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для автоматического копирования рельефа поля: а. с. SU 1904564/15 / И.С. Нагорский, Л.Ф. Ханко. – Опубл. 13.01.1977.

2. Шуринов, В.А. Выбор рациональных параметров механизмов уравнивания жатки зерноуборочного

комбайна КЗС-7, обеспечивающих копирование его рельефа почвы без галопирования / В.А. Шуринов [и др.] // Вестник БНТУ. – 2006. – № 6. – С. 21-26.

3. Рехлицкий, О.В. Математическое описание системы уравнивания адаптеров мобильной кормоуборочной машины с применением пневмогидроаккумуляторов / О.В. Рехлицкий, Ю.В. Чупрынин // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – № 1. – С. 40-48.

4. Строк, Е.Я. Построение активной системы контактного копирования рельефа поля / Е.Я. Строк [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – Минск, 2018. – С. 115-120.

5. Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах: учеб. пос. / А.В. Пантелеев, А.С. Бортакровский. – М.: Высш. шк., 2003. – 583 с.

6. Комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК-800 «Палессе FS80-8»: Инструкция по эксплуатации. – Гомель: Гомсельмаш, 2018. – 219 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.03.2019

УДК 631.353

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЛЮЩЕНИЯ ЗЕРНА

В.А. Казаков,

ст. науч. сотр. лаборатории механизации животноводства Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (г. Киров, Россия), канд. техн. наук

Разработан пневмосепаратор СП-2У-Р, позволяющий выделять воздушным потоком из поступающего после обмолота зерна в поле различные примеси. Приведены результаты теоретических исследований ротационно-поперечно-поточного пылеуловителя по определению его рациональных конструктивно-технологических параметров.

Ключевые слова: зерно, корм, примеси, пыль, ротор, фильтр, плющение, движение.

Pneumoseparator SP-2U-R was developed, with the help of the air flow it allows to sort out various impurities from the threshed grain in the field. The results of theoretical studies of the rotary-transverse-flow dust collector are presented to determine its rational design and technological parameters.

Keywords: grain, feed, impurities, dust, rotor, filter, flattening, movement.

Введение

Для решения проблемы очистки зернового материала от примесей перед его переработкой, например плющением [1-4], разработана машина СП-2У-Р, позволяющая выделять воздушным потоком из поступающего после обмолота в поле зерна различные засорители – соломистые примеси, семена сорных растений, и др., с новым исполнением пылеуловителя [5, 6].

Анализ научно-технической и патентной литературы показывает, что проблема обеспыливания воздуха [7, 8] при послеуборочной обработке и переработке зерна решается путем применения различных устройств, улавливающих примеси из проходящего через них пылевоздушного потока с различной степе-

нью эффективности, таких как циклоны [9], тканевые фильтры [10], но несмотря на высокую степень очистки, они имеют существенный недостаток – высокое гидравлическое сопротивление и большие габаритные размеры, что увеличивает стоимость очистки воздуха. Использование пылесадительных камер и жалюзийных пылеуловителей возможно в процессах, не требующих высокой степени очистки воздуха. Перспективным направлением развития пылеулавливающего оборудования является разработка ротационных пылеуловителей, обладающих достаточно высокой степенью очистки, сравнимой с циклонами и тканевыми фильтрами (90...95%), невысоким удельным расходом энергии (до 1 кВт·ч/1000 м³) и хоро-

шими компоновочными свойствами. Положительные свойства ротационных пылеуловителей:

- малые габаритные размеры;
- достаточно высокая общая эффективность очистки воздуха (выше, чем у жалюзийных и сравнимая с циклонами и фильтрами), для мелких фракций ($d_{cp} \leq 0,1$ мм) выше, чем у жалюзийных в несколько раз;
- пылеуловители-вентиляторы с центробежным движением воздуха совмещают функции пылеуловителя и вентилятора.

Основная часть

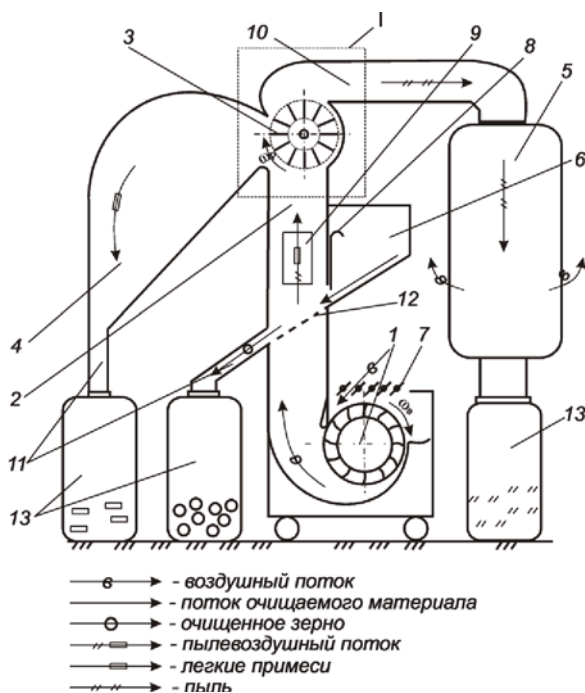
В ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока» разработана конструктивно-технологическая схема пневмосепаратора для очистки от примесей зернового материала и семян трав (рис. 1а) [11] с ротационным пылеуловителем и изготовлен его опытный образец (рис. 1б).

Пневмосепаратор работает следующим образом. Очищаемый материал (зерно, семена трав) подается в приемное устройство 6, откуда дозированно задвижкой 8 самотеком поступает на сменную сетку 12 пневмосепарирующего канала 2, где продувается воздушным потоком, создаваемым диаметральной вентилятором 1. Скорость воздуха регулируется дроссельным устройством 7. Воздух, проходя через сетку 12, разрыхляет движущийся по ней слой зерна, поднимает в пневмосепарирующий канал 7 и уносит из

него более легкие составляющие (соломистые примеси, семена сорных растений, пыль, и др.), на сетке 7 происходит очистка зерна от примесей воздушным потоком. Затем пылевоздушный поток поступает в ротор 3 пылеуловителя I, где проходя через межлопастные каналы и взаимодействуя с лопастями ротора 3, очищается от легких примесей (до 98 %) и пыли (до 85 %). Выделенные легкие примеси попадают в осадительную камеру 4, оседают в ней, и через материалопровод поступают в мешок 13, откуда утилизируются. После прохождения пылеуловителя I, воздух с оставшейся пылью по воздуховоду 10 поступает в тканевый фильтр 5, в котором через поры ткани выходит наружу, а частицы пыли осаждаются на ткани, при встряхивании опускаются вниз и попадают в мешок 12, откуда также отправляются на утилизацию.

Для обеспыливания воздуха, удаляемого из пневмосистем зерноочистительных машин, и в том числе для вышепредставленного пневмосепаратора, разработан высокоэффективный ротационный пылеуловитель с центробежным движением воздуха, основной рабочий орган которого – ротор совмещает пылеуловитель и вентилятор, имеющий плоскопараллельный воздушный поток.

Конструктивно-технологическая схема ротационного поперечно-поточного пылеуловителя в общем виде представлена на рисунке 2. Поперечно-поточный ротационный пылеуловитель работает сле-



а



б

Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема (а) и общий вид (б) опытного образца пневмосепаратора СП-2У-Р для очистки от примесей семян трав и зерна: 1 – ротационный поперечно-поточный пылеуловитель; 1 – вентилятор; 2 – пневмосепарирующий канал; 3 – ротационный пылеуловитель; 4 – пылесадительная камера; 5 – тканевый фильтр; 6 – приемное устройство; 7 – дроссельное устройство; 8 – задвижка; 9 – смотровое окно; 10 – воздуховод; 11 – материалопроводы; 12 – сменная сетка; 13 – мешки

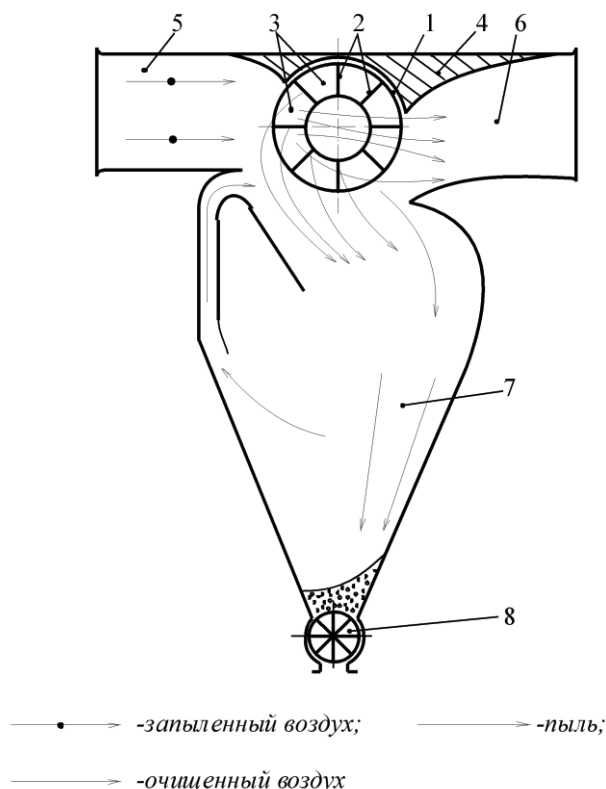


Рис. 2. Схема ротационного поперечно-поточного пылеуловителя: 1 – ротор; 2 – лопатки ротора; 3 – межлопаточные каналы; 4 – корпус пылеуловителя; 5, 6 – входной и выходной патрубки; 7 – пылесадительная камера; 8 – устройство вывода уловленной пыли; 9 – рециркуляционный канал

дующим образом. Запыленный воздух, удаляемый, например, из пневмосистемы зерноочистительной машины (или как у пневмосепаратора, из пневмосепарирующего канала), нагнетается во входной патрубок 5 пылеуловителя, откуда поступает в каналы 3 ротора 1 со стороны входного патрубка 5 и перемещается по ним от периферии к центру. При вращении ротора 1 его лопатки 2 соприкасаются с частицами пыли, находящимися в воздухе. При этом на частицы пыли действуют две основные силы: аэродинамическая сила, направленная по траектории движения потока воздуха, т.е. от периферии к центру, и центробежная сила, направленная от центра к периферии. При превышении центробежной силы над аэродинамической силой, частицы пыли отбрасываются за пределы ротора 1 и поступают в пылесадительную камеру 7, откуда устройством 8 выводятся наружу. Очищенный воздух из центральной части ротора продолжает движение в поперечном направлении, и снова перемещается по каналам 3, но уже от центра к периферии – в сторону выходного патрубка 6 и частично в пылесадительную камеру 7. Вращающийся ротор 1 в сочетании с корпусом 4, входным и выходными патрубками 5 и 6 помимо очистки воздуха от пыли работает как диаметральный вентилятор, т.е.

создает некоторое избыточное давление и равномерный поток воздуха по всей ширине ротора.

Таким образом, энергия, затрачиваемая на привод ротора, расходуется как на очистку воздуха, так и на создание дополнительного воздушного потока, что, в конечном итоге, должно привести к снижению количества потребляемой энергии на единицу очищаемого объема воздуха.

С целью повышения эффективности функционирования ротационного поперечно-поточного пылеуловителя проведены теоретические исследования его технологического процесса [12].

Процесс выделения частиц пыли и примесей из пылевоздушного потока в ротационном поперечно-поточном пылеуловителе происходит следующим образом (рис. 3).

Пылевоздушный поток со скоростью V набегаёт на лопатки ротора, вращающегося с угловой скоростью ω , имеющего z_l лопаток длиной l , установленных под углом α к радиус-вектору. Частицы пыли, пройдя в межлопаточном пространстве вместе с пылевоздушным потоком некоторое расстояние (DA), попадают на лопатку ротора в точке A , расположенной на расстоянии S от наружного диаметра ротора. Положение лопатки при этом определяется полярным углом φ_0 между радиус-вектором ротора, перпендикулярным вектору $\vec{V}$ скорости пылевоздушного потока, и радиус-вектором, проходящим через точку A . Взаимодействуя с поверхностью лопаток, частицы сначала движутся к центру ротора, т.к. аэродинамическая сила и сила инерции превышают центробежную силу, возникающую в результате придания частицам вращательного движения. Кроме того, при сложении вращательного и поступательного движения частиц возникает сила Кориолиса, прижимающая частицы к лопатке и создающая силу трения, направленную в противоположную сторону. Таким образом, частица затормаживается, и затем наступает момент, когда центробежная сила превышает все остальные, и частицы под ее воздействием начинают двигаться по лопаткам ротора к его периферии и выводятся наружу в точке B с полярными координатами

$$r = \frac{D_n}{2} = R \text{ и } \varphi_{\text{вых}} = \varphi_0 + \omega \cdot t_{\text{вых}}.$$

Воздух же проходит по межлопаточным каналам от периферии ротора к центру и далее, от центра к периферии, а затем в нагнетательный патрубок (на рис. 3 условно изображен пунктирными линиями).

Частица примесей с текущими полярными координатами r и φ_{max} , взаимодействующая с лопаткой ротора и двигающаяся по ней, считается выделенной из пылевоздушного потока, если расстояние от центра вращения ротора до частицы будет $r \geq R$, и достигается в угловом секторе $\varphi = \varphi_{\text{вых}} \leq \varphi_{\text{max}}$, где $\varphi_{\text{вых}} = \varphi_0 + \omega \cdot t_{\text{вых}}$, а $\varphi_{\text{max}} = 140 \dots 190^\circ$ – угол входа воздушного потока в колесо диаметрального вентилятора, и наибольшее расстояние S_{max} , пройденное частицей к центру ротора, не превышает длины лопатки

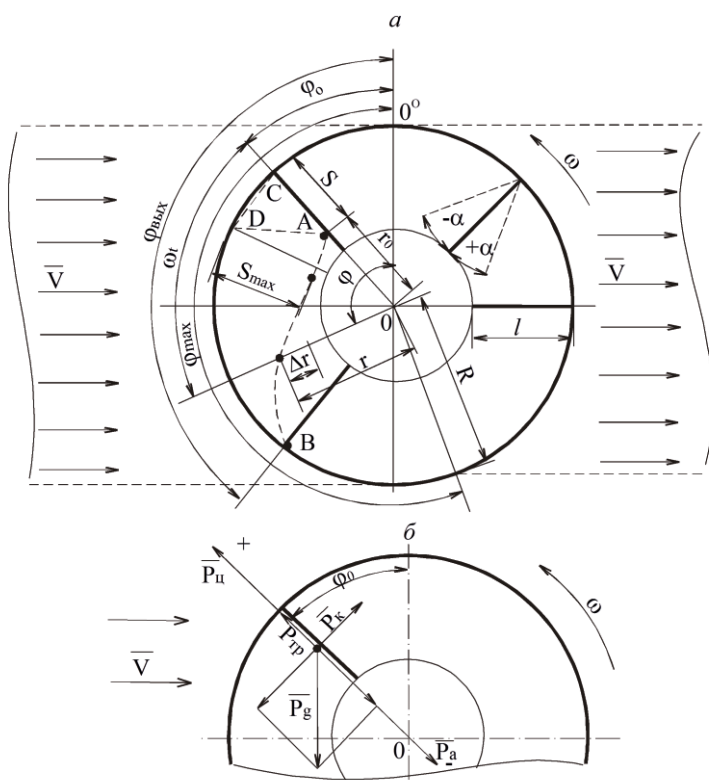


Рис. 3. Взаимодействия частицы примесей с поверхностью лопатки ротора

ротора l : $S_{max} \leq l$. Следовательно, чтобы определить в какой момент времени t и при каком угле φ частица достигнет периферии ротора (т.е. выделится из воздушного потока и отведется на утилизацию), необходимо знать характер ее движения по лопатке ротора, который определяется дифференциальным уравнением 2-го порядка, с учетом всех действующих на частицу сил (рис. 3б), и имеет вид:

$$m\bar{W} = \bar{P}_a + \bar{P}_u + \bar{P}_k + \bar{P}_g + \bar{P}_{mp}, \quad (1)$$

где $\bar{P}_a = k_n \cdot m \cdot \bar{V}^2$ – сила аэродинамического сопротивления; k_n – коэффициент парусности частицы примесей, m^{-1} ;

m – масса частицы, кг;

V – скорость пылевоздушного потока, м/с;

$\bar{P}_u = m \cdot \omega^2 \cdot \bar{r}$ – центробежная сила,

где ω – частота вращения ротора, мин^{-1} ;

r – расстояние от центра вращения до частицы, м;

$\bar{P}_k = 2m \cdot \omega \cdot \bar{V}_r = 2m \cdot \omega \cdot \dot{r}$ – кориолисова сила,

где V_r – относительная скорость движения частицы по лопатке, м/с;

$\dot{r}$ – первая производная расстояния от центра вращения ротора до исследуемой частицы, м, $\dot{r} = V_r$.

$\bar{P}_{mp} = f \cdot \bar{N} = f \cdot$

$(\bar{P}_k + \bar{P}_g + \bar{P}_a + \bar{P}_u)$ – сила трения частицы о лопатку;

N – сила, прижимающая частицу примесей к лопатке ротора, равна сумме составляющих кориолисовой P_k и аэродинамической P_a силы, силы тяжести P_g и центробежной силы P_u на плоскость, перпендикулярную плоскости лопатки.

$\bar{P}_g = m \cdot \bar{g}$ – сила тяжести, действующая на частицу примесей,

где $\bar{g}$ – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$\bar{W}$ – абсолютное ускорение частицы примесей, является второй производной от r – расстояния от центра вращения ротора до частицы.

Решая равенство (1), с учетом принятых ограничений и начальных условий:

$$t=0, \varphi_0 = \frac{\pi}{2}, \text{ и } \begin{cases} r(0) = R - S \\ \dot{r}(0) = -V \end{cases},$$

после необходимых преобразований, его решение запишется в виде:

$$r = c_1 \cdot e^{k_1 \cdot t} + c_2 \cdot e^{k_2 \cdot t} + \frac{g}{2\omega^2} \left(1 - \frac{2 \cdot f^2}{(1 + f^2)} \right) \cdot \cos(\omega \cdot t^2 + \varphi_0) + \frac{f \cdot g}{\omega^2 \cdot (1 + f^2)} \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) + \frac{K_n \cdot V^2}{\omega^2}, \quad (2)$$

где

$$k_{1,2} = \omega \cdot (f \pm \sqrt{f^2 + 1}), \quad (3)$$

$$c_1 = R - S - c_2 - \frac{f \cdot g}{\omega^2 \cdot (1 + f^2)} - \frac{k_n \cdot V^2}{\omega^2}, \quad (4)$$

$$c_2 = \left(R - S - \frac{k_n \cdot V^2}{\omega^2} - \frac{f \cdot g}{\omega^2 (1 + f^2)} \right) \cdot \frac{k_1}{k_1 - k_2} + \left(V - \frac{g}{2 \cdot \omega} \left(1 - \frac{2 \cdot f^2}{1 + f^2} \right) \right) \cdot \frac{1}{k_1 - k_2}, \quad (5)$$

$$S = V \cdot \frac{2\pi}{\omega \cdot z_n} \cdot \sin \varphi_0. \quad (6)$$

Выражение (2) с учетом выражений (3, 4, 5, 6) определяет положение частицы примесей на лопатке ротора, имеющей угол наклона к радиус-вектору $\alpha \neq 0$ в полярных координатах в момент времени t . Численно определяя величину r с шагом Δt , получаем некоторое множество точек, соединив которые, имеем траекторию движения частицы примесей по лопатке ротора. Следовательно, равенство (2) является математической моделью траектории движения частиц примесей по лопаткам ротора. Для получения математической модели в общем виде (когда $\alpha \neq 0$) необходимо дифференцировать выражение (7):

$$\begin{cases} \dot{r} = \omega^2 \cdot R \cdot \sqrt{(1 - S/R)^2 - \sin^2 \alpha} - k_n \cdot (V + \dot{r})^2 - \\ - g \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) - f \cdot (2\omega \cdot r - g \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)); \\ S = \frac{2 \cdot V}{\omega} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \left(\frac{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot (r - S)} \right) \right) \cdot \sin \alpha. \end{cases} \quad (7)$$

При решении выражения (2) принимаем следующее:

– скорости движения воздушного потока V_v и $V_{\text{ч}}$ примесей до попадания частицы примеси на лопатку ротора равны по величине, одинаковы по направлению и равны V ;

– в межлопаточном пространстве скорость воздушного потока постоянная, направлена вдоль лопаток и равна скорости V потока на входе в пылеуловитель;

– считаем, что частицы, попадая на лопатки ротора, не прилипают и не отскакивают от них.

В качестве примера расчета траектории рассмотрим движение частицы примесей со скоростью вращения $V_{\text{кр}}=3,1$ м/с, коэффициентом трения частицы о лопатку ротора $f=0,4$ и коэффициентом парусности

$$k_n = 1 \text{ м}^{-1} \quad (V_{\text{кр}} \text{ и } k_n \text{ взаимосвязаны: } V_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{k_n}}, \text{ где}$$

$$k_n = \frac{k \cdot \rho \cdot F}{m} \text{ и зависит от } m - \text{массы частицы; } k - \text{ко-$$

эффициента аэродинамического сопротивления; ρ – плотности воздуха; F – миделева сечения частицы). Частица примесей движется в потоке воздуха со скоростью $V=10$ м/с и вместе с ним набегает на вращающийся с частотой $n=1500$ мин⁻¹ ротор, с наружным диаметром D_n , длиной лопатки $l=0,06$ м, количеством лопаток $z=28$, расположенных под углом $\alpha = 0$ к радиус-вектору, в точке A (рис. 3) с полярными координатами

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ и } r = \frac{D_n}{2}. \text{ Пройдя в межлопаточном}$$

пространстве расстояние $S=0,01$ м (6), частица встречается с лопаткой в точке B , сначала частица движется вдоль лопатки от периферии к центру. Затем, когда противодействующие силы выравниваются, она останавливается в некоторой точке C , и начинается ее движение от центра к периферии ротора. Преодолевая сопротивление воздуха и силу трения, центробежная сила выводит частицу примесей наружу в

$$\text{точке } F \text{ с полярными координатами } r = \frac{D}{2}, \varphi_{\text{вых}}=175^\circ.$$

Таким образом, зная физические характеристики примесей и конструктивно-технологические параметры пылеуловителя, имеется возможность определения условий выхода примесей из пылевоздушного потока. Возможно также решение других задач: определение (например, по размерам) выделения пылеуловителем примесей по известным физическим характеристикам; определение технологических параметров пылеуловителя при известных конструктивных параметрах пылеуловителя и физических

свойствах примесей; определение основных конструктивных параметров пылеуловителя при известных технологических параметрах (например, известна его производительность Q , м³/с, запыленность на входе в пылеуловитель, требуемая запыленность на выходе из пылеуловителя) и физико-механических свойствах примесей.

Заключение

1. Теоретически исследован процесс движения частиц примесей в роторе пылеуловителя. Определены условия выделения примесей из пылевоздушного потока: частица примесей с текущими полярными координатами r и φ , взаимодействующая с лопаткой ротора и движущаяся по ней, считается выделенной из пылевоздушного потока, если расстояние от центра вращения ротора будет $r \geq R$, и достигается в угловом секторе $\varphi = \varphi_{\text{вых}} \leq \varphi_{\text{max}}$, где $\varphi_{\text{вых}} = \varphi_0 + \omega \cdot t_{\text{вых}}$, и наибольшее расстояние S_{max} , пройденное частицей к центру ротора, не превышает длины лопатки ротора: $S_{\text{max}} \leq l$.

2. Разработана математическая модель, описывающая траекторию движения частиц примесей относительно лопаток ротора пылеуловителя в зависимости от его конструктивных и технологических параметров: D_n – наружного диаметра, l – длины лопатки, Z – количества лопаток ротора, φ_0 – угла начала взаимодействия частиц примесей с лопаткой, f – коэффициента трения частиц о лопатки, k_n – коэффициента парусности частиц примесей, V – скорости очищаемого пылевоздушного потока, n – частоты вращения ротора, позволяющая на ранних этапах исследований оценить эффективность пылеулавливания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савиных, П.А. Новые технологии и технические средства при реконструкции зерноочистительно-сушильных комплексов / П.А. Савиных, Ю.В. Сычугов, В.А. Казаков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2010. – № 3. – С. 65-68.
2. Сычугов, Н.П. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав / Н.П. Сычугов, Ю.В. Сычугов, В.И. Исупов; под ред. Н.П. Сычугова. – Киров: ВЕСИ, 2015. – 402 с.
3. Сысуев, В.А. Новые технологии послеуборочной переработки зерна и получения высококачественных кормов для животноводства / В.А. Сысуев, В.А. Казаков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 5 (48). – С. 73-79.
4. Перекопский, А.Н. Технологические схемы уборки фуражного зерна с последующим плющением и консервированием / А.Н. Перекопский, Д.А. Гудков, Л.Н. Баранов // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения: матер. 2-й Междунар. науч.- практ. конф. «Земледельческая механика в растениеводстве».
5. Поперечно-поточный ротационный пылеуловитель: патент №137529 РФ, МКИ⁵ B01D 45/14 / А.И. Бурков, В.А. Казаков. – 6 с.: ил.

6. Поперечно-поточный ротационный пылеуловитель: патент №2122462 РФ МКИ6 В01Д 45/14. /А.И. Бурков, В.Л. Андреев, В.А. Казаков. – 5 с.: ил.
7. Пирумов, А.И. Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
8. Штокман, Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
9. Коузов, П.А. Очистка воздуха от пыли в циклонах / П.А. Коузов. – Л.: ЛИОТ, 1958. – 88 с.
10. Грищенко, В.С. Новые методы фильтрации

пыли / В.С. Грищенко // Вестник машиностроения. – 1952. – №8. – С. 73-75.

11. Пневматический сепаратор: патент №2165313 РФ, С1 7 В07 В4/02. /А.И. Бурков, В.А. Казаков, и др. – 6с.: ил.

12. Бурков, А.И. Исследования ротационного устройства для очистки воздуха от легких примесей и пыли / А.И. Бурков, В.А. Казаков // Концепция развития механизации, электрификации и автоматизации агропромышленного комплекса Северо-Востока. – Киров: НИИСХ Северо-Востока. – 1998. – С. 65-67.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 30.09. 2019

УДК 631.316(476)

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ УЗКОПРОФИЛЬНЫХ ГРЯД

В.П. Чеботарев,

зав. каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В.Н. Еднач,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук

Э.В. Заяц,

зав. каф. механизации сельскохозяйственного производства ГГАУ, канд. техн. наук, доцент

А.И. Филиппов,

доцент каф. механизации сельскохозяйственного производства ГГАУ, канд. техн. наук, доцент

В статье приводится обоснование технических и конструктивных параметров разработанного устройства для формирования узкопрофильных гряд при экологическом земледелии. С этой целью в составе агрегата АУ-М2 необходимо предусмотреть возможность использования устройства для формирования узкопрофильных гряд, позволяющего придать поверхности гряд трапецевидную форму одновременно с созданием необходимого уровня плотности почвы.

Ключевые слова: гряды, картофель, трапецевидная форма, уплотнение, сорняки, устройство для формирования профиля гряд, экологическое земледелие.

The article presents the justification for the technical and structural parameters of the developed device for the formation of narrow-profile ridges in ecological farming. For this purpose, the possibility of using a device for forming narrow-profile ridges in the AU-M2 aggregate must be considered, which makes it possible to give the surface of the ridges a trapezoidal shape at the same time as creating the necessary level of soil density.

Keywords: ridges, potatoes, trapezoidal shape, compaction, weeds, a device for forming narrow-profile ridges, ecological farming.

Введение

Важным технологическим приемом при возделывании картофеля и овощей является нарезка гребней и гряд за 3...7 дней до посадки, что особенно актуально в условиях ранневесенней посадки, поскольку это способствует ускорению прогревания почвы и снижению ее влажности. Однако необходимо учитывать тип и влажность почвы, так как на легких почвах при низкой влажности нарезка гребней не рекомендуется.

Актуальной задачей является разработка устройства для формирования узкопрофильных гряд, предназначенного для смещения почвы из борозды на узкопрофильные гряды после проведения

полного цикла механического уничтожения сорной растительности в довсходовый период возделывания. При этом предусматривается возможность различной степени уплотнения верхней и части боковой поверхности узкопрофильных гряд, а также мелкое рыхление почвы на поверхности гряд.

Основная часть

Рассматривая образование окучниками культиваторов гребней и узкопрофильных гряд, необходимо отметить, что первоначальная их форма зависит от параметров окучивающего корпуса: угла раствора лезвий лемехов, угла раствора крыльев, ширины лемехов в основании борозды, ширины раствора кры-

льев, расстояния между окучивающими корпусами, глубины хода корпусов. Однако с течением времени узкопрофильные гряды принимают иную форму вследствие влияния следующих факторов: тип почвы, включая ее гранулометрический состав и структуру, плотность и влажность почвы на момент формирования гряд, коэффициент внутреннего трения.

Рассмотрим взаимосвязь размеров узкопрофильных гряд и их формы от глубины хода окучивающего корпуса культиватора-окучника. Согласно рисунку 1, глубина хода окучника a , угол основания гребня φ , равный углу внутреннего трения почвы, поскольку учитываем, что почва осыпается после прохода окучивающего корпуса. Ширина основания узкопрофильных гряд равна расстоянию между окучивающими корпусами B и зависит от технологии возделывания культуры.

В первом случае (рис. 1а), когда форма узкопрофильных гряд в сечении «треугольник», учитывается равенство площадей борозды S_6 и увеличенной части гряды $S_{г\gamma}$.

$$S_{г\gamma} = S_6; \quad (1)$$

$$S_6 = a \frac{1}{2} b, \quad (2)$$

где a – глубина хода окучивающего корпуса, м;

b – расстояние между соседними узкопрофильными грядами на уровне поверхности поля до нарезки гряд, м

$$b = a \frac{2}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (3)$$

где φ – угол внутреннего трения почвы и он же угол у основания узкопрофильных гряд, град.

$$S_6 = a^2 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (4)$$

Кроме того, расстояние между соседними бороздами на уровне поверхности поля до обработки может быть определено как

$$b_1 = B - b = B - a \frac{2}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (5)$$

где B – ширина междурядий, м.

Учитывая условие (1), площадь гребня треугольного сечения можно определить как

$$S_{г\gamma} = \frac{1}{2} H \cdot B = S_{ог} + S_{г\gamma} = S_{ог} + S_6, \quad (6)$$

где H – высота гряды, м;

$S_{ог}$ – площадь основания узкопрофильных гряд до уровня поля, м^2 .

$$S_{ог} = \frac{B + b_1}{2} a = \left(B - a \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \right) a. \quad (7)$$

Таким образом, если сечение гряды – «треугольник», то выполняется следующее условие:

$$\frac{1}{2} H \cdot B = a^2 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} + \left(B - a \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \right) a. \quad (8)$$

Высота образованной узкопрофильной гряды определяется как

$$H = 2a. \quad (9)$$

Во втором случае (рис. 1б), когда форма гряды в сечении «трапеция», учитывается равенство площадей борозды S_6 и увеличенной части гряды трапециевидной формы $S_{г\gamma\tau}$.

$$S_{г\gamma\tau} = S_6. \quad (10)$$

Если форма сечения узкопрофильных гряд «трапеция», то

$$S_{г\gamma\tau} = \frac{B + b_2}{2} H = S_{ог\tau} + S_{г\gamma\tau} = S_{ог\tau} + S_6, \quad (11)$$

где b_2 – ширина вершины гряды, м.

$$b_2 = b_1 - \frac{2h}{\operatorname{tg} \varphi} = B - \frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - \frac{2h}{\operatorname{tg} \varphi} = B - \frac{2a + 2h}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (12)$$

где h – высота узкопрофильных гряд выше уровня поля, м;

$S_{ог\tau}$ – площадь основания узкопрофильных гряд трапециевидной формы до уровня поля, м^2 .

Площадь увеличенной части узкопрофильных гряд трапециевидной формы

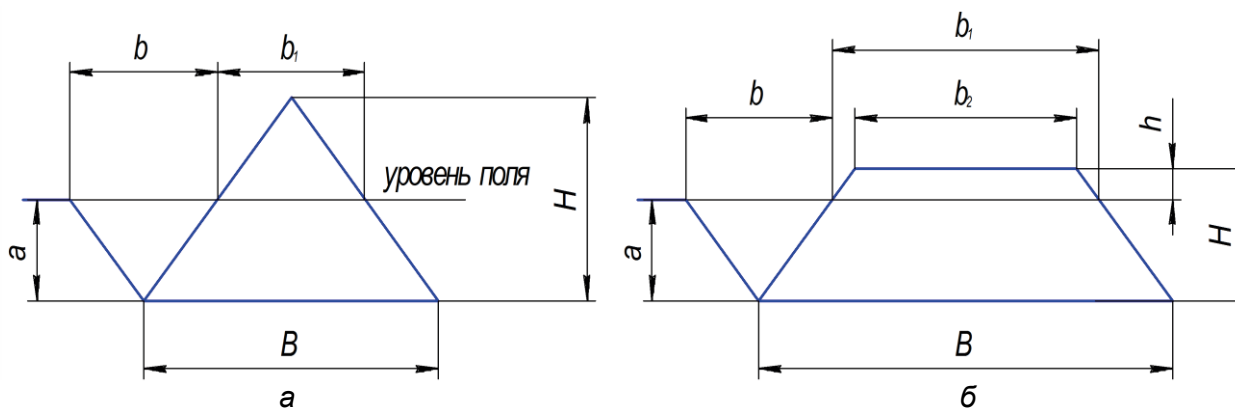


Рис. 1. Схема поперечного сечения узкопрофильных гряд и борозды, формируемой окучником

$$S_{\text{эгр}} = \frac{b_1 + b_2}{2} h = \left(B - \frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} + B - \frac{2a + 2h}{\operatorname{tg} \varphi} \right) \frac{h}{2} =$$

$$= Bh - \frac{2ah + h^2}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (13)$$

$$S_{\text{гир}} = S_6 = Bh - \frac{2ah + h^2}{\operatorname{tg} \varphi} = a^2 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (14)$$

$$Bh - \frac{2ah}{\operatorname{tg} \varphi} - \frac{h^2}{\operatorname{tg} \varphi} - a^2 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} = 0. \quad (15)$$

$$\frac{h^2}{\operatorname{tg} \varphi} + \frac{2ah}{\operatorname{tg} \varphi} - Bh + a^2 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} = 0. \quad (16)$$

$$D = \left(\frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi}; \quad (17)$$

$$h = \left(B - \frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi}} \right) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{2} =$$

$$= \frac{B \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2} - a - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{2} \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi}}. \quad (18)$$

Общая высота узкопрофильных гряд может быть определена как сумма высоты основания гряд, соответствующая глубине обработки почвы, и высоты увеличенной трапецевидной части.

$$H_{\text{г}} = a + h = \frac{B \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2} -$$

$$- \frac{\operatorname{tg} \varphi}{2} \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi}}. \quad (19)$$

Общая площадь сечения узкопрофильных гряд может быть определена как

$$S_{\text{гг}} = \left(B - \frac{a + h}{\operatorname{tg} \varphi} \right) \times$$

$$\times \left(\frac{B \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2} - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{2} \sqrt{\left(\frac{2a}{\operatorname{tg} \varphi} - B \right)^2 - \frac{4a^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi}} \right). \quad (20)$$

После преобразования

$$S_{\text{гг}} = \left(B + \sqrt{B^2 - \frac{4B \cdot a}{\operatorname{tg} \varphi}} \right) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4} \times$$

$$\times \left(B - \sqrt{B^2 - \frac{4B \cdot a}{\operatorname{tg} \varphi}} \right). \quad (21)$$

Для обеспечения необходимой плотности узкопрофильных гряд производится уплотнение плитой устройства для формирования узкопрофильных гряд.

Степень уплотнения гряды характеризуется коэффициентом k и определяется как отношение площади сечения гряды $S_{\text{п}}$ после плиты устройства для их формирования к площади сечения $S_{\text{гг}}$ после окучивающих корпусов.

$$k = \frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{гг}}}. \quad (22)$$

Если поверхность не уплотняется, то $k = 1$, если $k < 1$, то почва была уплотнена.

Плотность почв после окучивающих корпусов на дерново-подзолистых почвах колеблется в интервале от 0,8 до 1,0 г/см³ [5], однако равновесная плотность данной почвы от 1,4 до 1,5 г/см³. Оптимальная плотность при возделывании сельскохозяйственных культур для среднесуглинистых почв от 1,0 до 1,2 г/см³, легких песчаных и супесчаных почв от 1,3 до 1,4 г/см³. На основании этих данных можно предположить, что со временем почва склонна к повышению своей плотности до равновесной. Все агротехнические приемы должны быть направлены на поддержание оптимальной плотности почвы в течение вегетационного периода растений. Кроме того, необходимо учитывать сохранение полевой влажности – 70...80 % (для супесчаных – 80...90, для суглинистых – 80...85 %), и скважности аэрации 20...30 % от общего объема пор.

При этом следует отметить, что плотность почвы имеет обратную зависимость:

$$k = \frac{\gamma_{\text{гг}}}{\gamma_0} = \frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{гг}}}, \quad (23)$$

где $\gamma_{\text{гг}}$ – плотность почвы после прохода окучивающих корпусов, кг/м³;

γ_0 – оптимальная плотность почвы после прохода плиты устройства для формирования узкопрофильных гряд, кг/м³.

Таким образом, необходимую оптимальную плотность для конкретного типа почвы можно сформировать в зависимости от параметров окучника и плиты устройства для формирования гряд.

$$S_{\text{п}} = \frac{\gamma_{\text{гг}}}{\gamma_0} S_{\text{гг}} = \frac{\gamma_{\text{гг}}}{\gamma_0} \left(B + \sqrt{B^2 - \frac{4B \cdot a}{\operatorname{tg} \varphi}} \right) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4} \times$$

$$\times \left(B - \sqrt{B^2 - \frac{4B \cdot a}{\operatorname{tg} \varphi}} \right). \quad (24)$$

На основании расчетов, согласно выражению (24), разработано устройство, позволяющее формировать поверхность узкопрофильных гряд из смещенной почвы. На рисунках 2, 3, 4 изображена схема и устройство для формирования узкопрофильных гряд (вид сбоку).

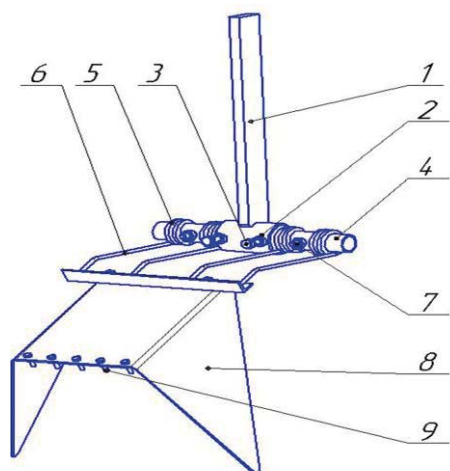


Рис. 2. Схема устройства для формирования узкопрофильных гряд для установки на агрегат универсальный АУ-М2 (вид сбоку): 1 – стойка; 2 – втулка; 3 – болты стопорные; 4 – труба несущая; 5 – пружина кручения; 6 – зубья; 7 – болт фиксирующий; 8 – кожух устройства для формирования гряд; 9 – рыхлительные зубья

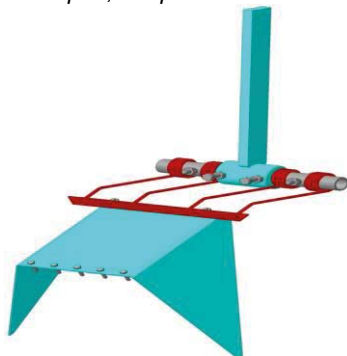


Рис. 3. Устройство для формирования узкопрофильных гряд для установки на агрегат универсальный АУ-М2 (3D модель)



Рис. 4. Устройство для формирования профиля узкопрофильных гряд для установки на агрегат универсальный АУ-М2 (фото комплекта)

Устройство для формирования узкопрофильных гряд настраивается и работает следующим образом [1, 2]. Перед работой устройство для формирования гряд устанавливается на поперечную балку культиватора и через стойку 1 закрепляется на требуемой высоте. Далее устанавливается кожух устройства для формирования гряд. При этом от-

пускаются установленные во втулке 2 болты стопорные 3, и поворачивается несущая труба 4 вместе с установленной на ней пружиной кручения 5, которая через зуб 6 пружины кручения с требуемым усилием прижимает к почве кожух 8 устройства для формирования гряд. После этого стопорными болтами 3 закрепляется несущая труба 4 с пружиной кручения 5. В задней части кожуха устройства для формирования узкопрофильных гряд на требуемую глубину устанавливаются рыхлительные зубья 9 [3, 4].

При движении агрегата, после механической обработки почвы всеми рабочими органами, по всей поверхности узкопрофильных гряд смещенную с профиля гряд почву кожухом 8 устройства располагают в виде первоначального сформированного профиля гряд и уплотняют ее. Затем рыхлительные зубья производят рыхление поверхностного слоя почвы [5, 6].

Формование узкопрофильных гряд данным устройством позволяет после каждой междурядной обработки в предпосевный и допосевный периоды располагать ранее смещенную почву в исходное положение – в профиль, первоначально образованный в период формирования гряд. В последующий период в этом слое почвы появятся проростки и всходы сорных растений, которые повторно будут уничтожены механическим путем. В результате формирования профиля гряды устройством для формирования узкопрофильных гряд, создаются условия для повторного прорастания оставшихся всхожих семян, что позволяет максимально уничтожить сорные растения механическим способом в предпосевный и допосевный периоды. Микроповерхностное рыхление почвы, после формирования ее профиля и уплотнения, также обеспечивает сохранение влажности почвы с одновременным уничтожением сорняков.

В таблице 1 приведены технические и конструктивные параметры экспериментального образца устройства для формирования узкопрофильных гряд.

Таблица 1. Технические и конструктивные параметры

Тип	навесной
Форма рабочей части	трапециевидная
Ширина с верхней части, мм	200
Боковые стороны кожуха – треугольной формы и изогнуты под углом, град.	20
Кожух крепится к пружинным зубьям, диаметр несущей трубы, мм	34
Усилия прижима кожуха к почве, кг	2,1...4,0

Предлагаемое устройство для формирования профиля гряд после каждой механической обработки восстанавливает первоначально созданный профиль узкопрофильных гряд, что способствует прорастанию сорных растений в период между обработками и создает возможность минимизировать работу по удалению сорных растений. Появившиеся отдельные всходы сорных растений в период веге-

тации возделываемых культур находятся, как правило, в пределах экономического порога вредоносности и не оказывают влияния на урожайность [7].

Заключение

1. В результате предложенной обработки почвы исключается применение гербицидов для уничтожения сорняков в системе экологического земледелия при возделывании картофеля, овощных, пряно-ароматических, лекарственных и других культур, возделываемых на узкопрофильных грядах.

2. Проблема формирования гребней и узкопрофильных гряд оптимальной плотности может быть решена при условии учета в конструкции почвообрабатывающей машины параметров окуливающих корпусов и устройств для формирования профиля гряд с учетом типа почвы, на которой будет применяться машина.

3. Задержание влаги внутри гребня возможно при использовании дополнительных рыхлительных зубьев в конструкции устройства для формирования профиля гряд. Рыхление на глубину 2...3 см внешних границ сформированного и уплотненного гребня препятствует отходу влаги.

4. С целью провокации роста сорняков на узкопрофильных грядах, необходимо учитывать изменение плотности от внешних границ гребня к его центру.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заяц, Э.В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э.В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.

2. Заяц, Э.В. Анализ технологических операций и изыскание рабочих органов культиватора для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э.В. Заяц [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. статей / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2017. – С. 83-89.

3. Заяц, Э.В. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при эко-

логическом земледелии / Э.В. Заяц [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: матер. XX Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 26 мая 2017 г. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2017. – С. 182-184.

4. Лепешкин, Н.Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н.Д. Лепешкин А.И. [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: матер. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19-21 октября 2016 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – С. 141-147.

5. Лепешкин, Н.Д. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой / Н.Д. Лепешкин [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, 19-21 октября 2016 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2017. – С. 100-113.

6. Аутко, А.А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы / А.А. Аутко [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: матер. XXI Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 26 мая 2017 г. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2018. – С. 182-185.

7. Аутко, А.А. Усовершенствование рабочих органов к агрегату для производства картофеля на основе экологического земледелия / А.А. Аутко [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро, Минск, 17-18 октября 2018 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2018. – С. 28-32.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.09.2019

Малогабаритная система очистки рабочих жидкостей гидравлических систем

Предназначена для профилактической очистки рабочих жидкостей гидравлических приводов мобильной сельскохозяйственной техники.



Основные технические данные

Производительность	Не менее 24 л/мин
Давление на входе в блок центрифугирования	0,8 МПа
Давление на входе в блок фильтрования	0,2-0,3 МПа
Давление на выходе из блока фильтрования	0,15 МПа
Тонкость очистки	15-40 мкм

Применение системы позволяет при обкатке двигателей расходовать масло без остатка, не снижать качество повторно используемого моторного масла, постоянно добавляя в него свежее товарное масло (гомогенизировать), полностью устранить расход электроэнергии, необходимой для подогрева масла, отказаться от необходимости хранения и утилизации масла. Она может применяться на ремонтно-обслуживающих предприятиях, а также непосредственно в хозяйствах для технического обслуживания машинно-тракторного парка.

УДК 636.2.085.55-026.772

ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ СКАРМЛИВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ

В.А. Люндышев,

доцент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент

В.Ф. Радчиков,

зав. лабораторией кормления и физиологии питания молодняка крупного рогатого скота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», докт. с.-х. наук, профессор

В.П. Цай,

ведущ. науч. сотр. лаборатории кормления и физиологии питания молодняка крупного рогатого скота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», канд. с.-х. наук, доцент

Т.Л. Сапсалева,

ведущ. науч. сотр. лаборатории кормления и физиологии питания молодняка крупного рогатого скота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», канд. с.-х. наук, доцент

Скармливание молодняку крупного рогатого скота комбикормов с включением 0,1 % биологически активной добавки «Кормомикс» оказывает положительное влияние на переваримость питательных веществ кормов, что позволило получить 924 г прироста живой массы в сутки и снизить себестоимость продукции выращивания на 3,3 %.

Ключевые слова: бычки, комбикорм, биологически активная добавка, продуктивность, себестоимость.

Feeding young cattle mixed fodder with 0,1% nutritional supplement «Kormomix» renders positive influence on forage nutrients digestibility, which allowed to get 924 grams of increase of liveweight gain a day and to cut production cost by 3,3 %.

Keywords: bull-calves, mixed fodder, nutritional supplement, productivity, prime price.

Введение

Одной из наиболее важных и сложных задач, стоящих перед агропромышленным комплексом нашей страны, является увеличение производства молока и мяса, что во многом зависит от кормления животных рационами, сбалансированными по всем питательным, минеральным и биологически активным веществам.

В структуре затрат на продукцию выращивания крупного рогатого скота корма занимают более 60 %, поэтому они играют основную роль в себестоимости прироста. Отсюда следует, что кормовой фактор является одним из основных определяющих показателей продуктивности животных, эффективности использования кормов и рентабельности производства продукции [1].

Из полученных экспериментальных и литературных данных следует, что для интенсификации отрасли скотоводства необходимо не просто увеличить объемы производства кормов, но и повысить в сухом веществе рациона концентрацию обменной энергии, протеина и других питательных веществ [2].

Одной из причин низкого использования корма является недостаточно полное переваривание его в

пищеварительном аппарате животных. Это относится, главным образом, к кормам растительного происхождения, что объясняется содержанием в них сложных полисахаридных комплексов, в частности, целлюлозы [3-5].

Как известно, около одной трети органического вещества, поступающего в организм с кормом, обычно не переваривается животными. Снижение этих потерь только на 2-3 % позволяет получить сотни тонн дополнительной продукции. Одним из путей решения этой задачи, как указывают многочисленные литературные источники, является добавление в корм животным ферментных препаратов микробного происхождения. Особенно актуально применение биологически активных веществ в тех случаях, когда рационы не соответствуют получению высоких приростов и не сбалансированы по энергии и протеину [4].

Таким образом, ферменты играют исключительную важную роль в обменных процессах любого биологического организма и, тем самым, могут с успехом использоваться в лечении различных болезней, а также для стимуляции пищеварительных процессов. Ис-

пользование ферментных препаратов является одним из технологических приемов направленного влияния на процессы, определяющие продуктивное действие кормов, что позволяет при относительно небольших затратах повысить продуктивность животных и получить более конкурентоспособную продукцию.

Основная часть

Цель настоящей работы – установить эффективность использования биологически активной добавки «Кормомикс» в кормлении молодняка крупного рогатого скота, влияние ее на переваримость, усвоение питательных веществ кормов и продуктивность животных.

Для решения поставленной задачи проведены научно-хозяйственный и физиологический опыты по определению эффективности скармливания биологически активной добавки «Кормомикс» молодняку крупного рогатого скота.

Опыты проводились на двух группах животных. Различия в кормлении заключались в том, что в научно-хозяйственном и физиологическом опытах молодняку II опытной группы скармливали биологически активную добавку «Кормомикс» путем равномерного внесения и последующего тщательного перемешивания в дозе 1000 г на 1 т комбикорма.

В опытах определяли:

- поедаемость кормов рационов путем проведения контрольного кормления каждые 10 дней;
- продуктивность выращиваемого молодняка путем проведения ежемесячных индивидуальных контрольных взвешиваний с последующим расчетом на основании полученных данных валового и среднесуточных приростов, а также затрат кормов на полученные прироста.

Физиологический опыт проводился на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 12-13 мес. Основными кормами рациона являлись кукурузный силос и комбикорм КР-3.

На основании потребления питательных веществ кормов и выделения их с продуктами обмена рассчитаны коэффициенты переваримости (табл. 1)

Таблица 1. Коэффициенты переваримости, %

Показатель	Группа	
	I	II
Сухое вещество	63,3±1,2	68,1±1,8
Органическое вещество	66,5±1,1	70,5±1,7
БЭВ	70,9±1,1	74,2±1,9
Жир	73,3±3,8	74,0±2,8
Протеин	68,4±3,0	72,1±1,0
Клетчатка	52,8±1,5	59,6±2,9

В результате расчета переваримости питательных веществ установлено, что животные опытной группы значительно превосходили сверстников из контрольной по всем показателям. Так, переваримость сухого и органического веществ рационов опытной группы оказалась выше соответственно на

4,8 и 4,0 п.п.; БЭВ – на 3,3; жира – на 0,7; протеина – на 3,7; клетчатки на 6,8 п. п., что указывает на высокую активность целлюлозолитических ферментов, позволивших повысить переваримость клетчатки.

По усвоению азота также отмечены значительные различия между подопытными животными (табл. 2).

Таблица 2. Использование азота

Показатель	Группа	
	I	II
Поступило с кормом, г	111,62	114,10
Выделено с калом, г	35,14	31,74
Усвоено, г	76,48	82,35
Выделено с мочой, г	2,70	2,81
Отложено, г	73,78	79,54
Отложено от принятого, %	66	70

Разность в потреблении с кормом этого элемента незначительная, на 3,5 г выше в опытной группе. Выделение с калом ниже в опытной группе – на 9 %, в результате отложено элемента в теле животных на 3,5 % больше.

Кровь является зеркалом процессов, происходящих в организме животных, указывающих о влиянии скармливаемых кормов на интерьерные показатели (табл. 3).

Таблица 3. Гематологические показатели

Показатель	Группа	
	I	II
Гемоглобин, г/л	8,7±0,38	9,37±0,20
Эритроциты, млн/мм	6,16±0,55	6,55±0,41
Лейкоциты, тыс./мм	17,43±2,03	14,87±2,56
Общий белок, г/л	64,97±0,16	67,83±2,21
Кальций, ммоль/л	2,48±0,23	2,61±0,38
Фосфор, ммоль/л	1,49±0,23	1,39±0,07
Кислотная емкость по Неводову, мг%	380±11,5	353±6,7
Каротин, мг%	0,47±0,02	0,41±0,02
Витамин А, мкг%	1,42±0,06	1,54±0,05
Магний, ммоль/л	0,78±0,08	1,01±0,16
Железо, ммоль/л	24,0±4,0	24,0±4,61
Холестерин, ммоль/л	1,57±0,34	1,73±0,22

Анализ показателей крови установил положительное влияние скармливания добавки на содержание гемоглобина, которое оказалось выше на 7,7 % в пределах физиологической нормы, указывая на более интенсивные обменные процессы, происходящие в организме опытных бычков. Установлено также повышение количества эритроцитов на 6,3 %, и снижение на 14,7 % лейкоцитов.

Научно-хозяйственный опыт проводился на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 5-ти месяцев. В результате ежесуточных контрольных кормлений установлен среднесуточный рацион за опыт (табл. 4).

Рацион подопытных животных состоял из кукурузного силоса на 54,7 % в контрольной и на 55,7 % в опытной группах и комбикорма, соответственно, 34,3 и 33,7 %, сенажа – 7,9 и 7,6 % и по 3 % смеси зерна, состоящего в равных частях из кукурузы и овса. Пи-

Таблица 4. Среднесуточный рацион подопытного молодняка

Показатель	Группа			
	I		II	
	кг	%	кг	%
Силос кукурузный	10,92	54,7	11,33	55,7
Сенаж злаково-бобовый	1,51	7,9	1,49	7,6
Комбикорм КР-2	1,50	34,3	1,50	33,7
Зерно кукуруза + овес (50/50)	0,13	3,1	0,13	3,0
Кормовые единицы	4,59		4,68	
Обменная энергия, МДж	52,04		53,09	
Сухое вещество, г	4863,25		4965,92	
Сырой протеин, г	576,22		586,92	
Переваримый протеин, г	376,38		382,99	
Расщепляемый протеин, г	386,48		393,19	
Нерасщепляемый протеин, г	189,74		193,73	
Сырой жир, г	233,67		239,03	
Сырая клетчатка, г	1061,56		1089,25	
БЭВ, г	2711,87		2765,44	
Крахмал, г	723,72		726,83	
Сахара, г	230,61		235,3	
Кальций, г	32,27		32,83	
Фосфор, г	22,65		22,89	
Магний, г	9,58		9,76	
Сера, г	8,12		8,28	
Железо, мг	1022,19		1044,75	
Медь, мг	30,63		30,96	
Цинк, мг	177,04		179,13	
Марганец, мг	223,82		224,55	
Кобальт, мг	1,63		1,63	
Йод, мг	2,91		2,93	
каротин, мг	258,5		266,41	
Д, МЕ	6457,46		6475,26	
Е, мг	613,03		631,57	
Расщепляемость протеина, %	67		66	
Содержание переваримого протеина на 1 МДж ОЭ, г	7,2		7,2	
Содержание переваримого протеина на 1 к. ед., г	82		82	
Отношение кальция к фосфору	1,4:1		1,4:1	
КОЭ в 1 кг СВ	10,7		10,7	
Сахаропротеиновое отношение	0,6:1		0,6:1	

тельность рационов составила в контрольной группе 4,59 к. е. и 4,68 к. е. в опытной.

На основании проведенных контрольных взвешиваний определена живая масса и рассчитана продуктивность подопытных бычков (табл. 5).

Так, начальная живая масса при постановке на опыт составила 122,2-124,7 кг. В конце опыта живая масса бычков составила в контрольной группе 177,4 и в опытной – 177,7 кг. В результате, валовой прирост составил к контролю 52,7, в опытной – 55,5 кг. За 60 дней опыта среднесуточный прирост в опытной группе составил 924 г или на 5,1 % выше контроля. Исследования показали, что по энергии прироста опытная группа оказалась выше контрольной на 7,4 %, такая же тенденция сохранилась и по затратам обменной энергии на 1 МДж в приросте, только в

Таблица 5. Живая масса и продуктивность

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса в начале опыта, кг	124,7±3,05	122,2±3,34
Живая масса в конце опыта, кг	177,4±4,04	177,7±2,74
Валовой прирост, кг	52,7±3,63	55,5±2,01
Среднесуточный прирост, г	879±60,5	924±33,5
± к контролю, г	-	45
± к контролю, %	-	+ 5,1
Энергия прироста, МДж	10,8	11,6
Конверсия энергии рациона в прирост живой массы, %	5,6	6,1
Затраты обменной энергии на 1 МДж в приросте живой массы, МДж	4,7	4,5
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. е.	5,21	5,08
± к контролю, к. е.	-	- 0,13
± к контролю, %	-	-2,5

меньшей степени – ниже на 4,3 %. Затраты кормов также оказались ниже на 2,5 % у молодняка, получавшего комбикорм, содержащий биологически активную добавку «Кормомикс».

Заключительным элементом оценки эффективности использования кормовой добавки при скормлинии животных является экономическая эффективность.

В результате проведенных исследований установлено, что стоимость суточного рациона оказалась больше у молодняка опытной группы, однако себестоимость прироста из-за большей продуктивности бычков снизилась на 3,3 %.

Заключение

Скармливание молодняку крупного рогатого скота комбикормов с включением 0,1 % биологически активной добавки «Кормомикс» оказывает положительное влияние на переваримость питательных веществ кормов: повысилась переваримость сухого и органического веществ, соответственно, на 4,8 и 4,0 п. п.; БЭВ – на 3,3; жира – на 0,7; протеина – на 3,7; клетчатки на 6,8 процентных пунктов, что позволило получить 924 г прироста живой массы в сутки или на 5,1 % выше контрольного показателя при снижении затрат энергии на прирост на 4,3 % и кормов – на 2,5 %, а также снизить себестоимость продукции выращивания на 3,3 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производственные технологии заготовки и использования кормов / Н.В. Казаровец [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2009. – 117 с.
2. Повышение эффективности использования микроэлементов в кормлении бычков / В.А. Люндышев [и др.]. – Современные проблемы зоотехнии: сб.науч. трудов по материалам междунар. научно-практич. конф. / Костанайский гос. ун-т., Костанай, 22.02.2018 г. – С. 189-191.

3. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н.А. Попков [и др.]. – Жодино: РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2011. – 260 с.
4. Повышение продуктивного действия кормов при интенсивном производстве говядины / В.А. Люндышев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2016. – 408 с.

5. Люндышев, В.А. Минеральные добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В.А. Люндышев. – Минск: БГАТУ, 2013. – 208 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.07.2019

УДК 621.929:636(476)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МИКСЕРА ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ЖИДКОГО НАВОЗА В НАВОЗОХРАНИЛИЩЕ

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

Во время хранения жидкий навоз необходимо перемешивать. Основным оборудованием, применяемым для перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах, являются миксеры. В статье теоретически обоснована зависимость производительности миксера для навоза от угла подъема винтовой линии лопасти, диаметра и угловой скорости мешалки.

Ключевые слова: миксер, лопасть, диаметр, скорость, навоз, навозохранилище, перемешивание, площадь, производительность.

During storage, liquid manure must be mixed. The main equipment used for mixing slurry in manure depots is mixers. The article theoretically justifies the dependence of the performance of the manure mixer on the angle of elevation of blade helix, the diameter and angular velocity of the mixer.

Keywords: mixer, blade, diameter, speed, manure, manure storage, mixing, area, productivity.

Введение

Теоретическими исследованиями по определению производительности в аппаратах с мешалками лопастного и спирально-винтового типа занимались ученые А.Н. Тропин, Д.А. Скотников, А.Н. Андреев и другие [1-3].

А.Н. Тропин определил зависимость для определения расхода навозной массы по перепаду давления при движении по горизонтальному дну в канале прямоугольного сечения [1]:

$$Q = \frac{\tau h^2}{6\eta} \left[\left(\frac{\tau_0}{\tau_{\max}} \right)^2 - 3 \left(\frac{\tau_0}{\tau_{\max}} \right) + 2 \right], \quad (1)$$

где τ – касательное напряжение сдвига, Па;

h – высота слоя сечения потока навоза, м;

τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па;

$\tau_{\max}$ – максимальное касательное напряжение сдвига, Па.

Формула (1) применима при перемешивании жидких сред с учетом сопротивления, которое испытывает рабочий орган при обтекании его потоком перемешиваемого материала, но не учитывает количество лопастей на мешалке, кривизну лопасти и высоту расположения установки в резервуаре.

Цель работы – определение производительности миксера при перемешивании жидкого навоза в навозохранилище.

Основная часть

Распределение данных компонентов фракций, как правило, носит случайный характер и является изменяющейся величиной во времени. Так, при концентрации сухого вещества в навозной массе менее 8 %, жидкий навоз является ньютоновской жидкостью, сточные воды представляют собой неньютоновскую псевдопластичную жидкость, а послеспиртовая барда в диапазоне температур от 35°C до 60°C проявляет ньютоновские свойства [4].

Производительность миксера определяется по формуле [5]:

$$Q_c = v S_m, \quad (2)$$

где v – осевая скорость движения жидкого навоза, м/с;

S_m – рабочая площадь мешалки при подаче массы жидкого навоза лопастями, м².

При хранении навоз расслаивается, что приводит к получению массы с разной плотностью. Навозохранилище с каждым циклом наполнения и откачки уменьшается, и через некоторое время полностью займется более плотными составляющими навоза. Это происходит из-за того, что откачать насосом слежавшийся илистый осадок невозможно по причине его высокой плотности (более 1200 кг/м³) [5]. Так, на дне хранилища плотность навоза будет больше, чем на верхних уровнях, а это, в свою очередь, будет увеличивать нагрузку на мешалку. Одновременно с этим перемешивание осуществляется по

наибольшей длине, так как мешалка устанавливается вблизи стенки навозохранилища. При вращении мешалки и образовании струи, на некотором удалении от нее происходит рассеивание энергии скоростного напора, создаваемого лопастями мешалки, в радиальном направлении, что значительно уменьшает энергию затопленной струи жидкости.

Высота размещения мешалки в навозохранилище h_m будет оказывать непосредственное влияние на производительность миксера, так как ее работа в более плотных придонных слоях будет негативно сказываться на производительности оборудования в сторону уменьшения. Интенсифицировать процесс перемешивания жидкого навоза, а именно увеличить производительность при неизменном числе оборотов мешалки можно, перемещая миксер в верхние слои навозной массы, где будет снижено сопротивление мешалки, либо уменьшая уровень жидкого навоза в навозохранилище. Для осуществления процесса перемешивания жидкого навоза, в навозохранилищах предусмотрено перемещение миксера по стойке в вертикальной плоскости.

Поэтому при определении производительности миксера будет справедливо учесть уровень заполнения хранилища жидким навозом и высоту размещения миксера в процессе работы и ввести в выражение (2) поправочный коэффициент заполнения хранилища навозной массой.

Коэффициент заполнения хранилища определится по формуле:

$$k = \frac{h_m}{H}, \quad (3)$$

где h_m – высота размещения мешалки в навозохранилище, м;

H – уровень жидкого навоза в навозохранилище, м.

Тогда производительность миксера с учетом коэффициента заполнения хранилища определится по формуле:

$$Q_c = k v S_m. \quad (4)$$

Масса жидкого навоза движется в продольном направлении с осевой скоростью, которая определяется по формуле:

$$v = S \omega_m \cos^2 \gamma_1, \quad (5)$$

где ω_m – угловая скорость мешалки, c^{-1} ;

γ_1 – угол подъема винтовой линии лопасти мешалки, град.;

S – шаг установки лопастей мешалки определяется по формуле:

$$S = \frac{\pi d_m}{n}, \quad (6)$$

где d_m – диаметр мешалки, м;

n – число лопастей на мешалке, шт.

Подставив в формулу (5) выражение определения шага установки лопастей мешалки (6), преобразуем формулу по определению осевой скорости движения жидкого навоза:

$$v = \frac{\pi d_m \omega_m}{n} \cos^2 \gamma_1. \quad (7)$$

На основании формул для определения диаметра и угла подъема винтовой линии лопасти мешалки [6] получены их рациональные значения: угол подъема винтовой линии лопасти равен 32° , диаметр мешалки равен 542 мм.

Длина активного участка струи потока жидкого навоза определяется по формуле [9]:

$$l_{ca} = \frac{0,59}{a_c} r_m, \quad (8)$$

где a_c – коэффициент, характеризующий влияние турбулентности струи ($a_c \approx 0,07 - 0,08$) [10];

r_m – радиус мешалки, м.

Расчет полученного выражения (8) показал, что при диаметре мешалки миксера, равном 542 мм, длина активного участка струи равна 2,28 м, при которой минимальное время размыва осадка составляет 41 мин. [11].

Зная значения таких параметров миксера, как угол подъема винтовой линии лопасти, диаметр и угловую скорость мешалки, а также определив ее рабочую площадь, можно выразить производительность миксера.

Рабочая площадь мешалки определяется по формуле:

$$S_m = n S_d, \quad (9)$$

где S_d – площадь лопасти, m^2 .

Лопасть, установленная на мешалке, приближенно представляет собой форму эллипса. При этом следует вычесть сегмент лопасти, при закреплении ее на ступице мешалки. Для определения площади лопасти выполним расчетную схему (рис. 1).

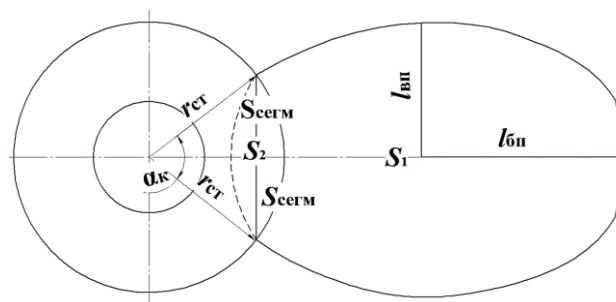


Рис. 1. Расчетная схема для определения площади лопасти

Длина верхней полуоси лопасти равна половине ее ширины [12]:

$$l_{вп} = 0,5 B = 0,5 b d_m, \quad (10)$$

где B – ширина лопасти, м;

b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции.

Длина боковой полуоси лопасти равна половине разности радиусов мешалки r_m и ступицы $r_{ст}$, диаметр которой обычно не превышает одной пятой части диаметра мешалки [13]:

$$l_{бп} = 0,5 (0,5 d_m - 0,1 d_m) = 0,2 d_m. \quad (11)$$

Тогда площадь лопасти определится по формуле:

$$S_1 = \pi l_{\text{вп}} l_{\text{бп}} = 0,1\pi b d_m^2. \quad (12)$$

Площадь вычитающей части лопасти определится по формуле:

$$S_2 = 2S_{\text{сегм}} = 0,01d_m^2 \left(\pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} - \sin \alpha_k \right), \quad (13)$$

где $S_{\text{сегм}}$ – площадь вычитаемого сегмента лопасти, м^2 ;

α_k – угол дуги сегмента, град.

Площадь лопасти определим из выражения:

$$S_{\text{л}} = S_1 - S_2 = 0,01d_m^2 \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right). \quad (14)$$

Тогда, подставив формулу (14) в выражение (9), определим рабочую площадь мешалки:

$$S_m = 0,01nd_m^2 \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right). \quad (15)$$

Выражение (4) для определения производительности миксера, подставив полученные формулы (3), (7) и (15), запишем в следующем виде:

$$Q_c = \frac{0,01\pi h_m \omega_m d_m^3 \cos^2 \gamma_1}{H} \times \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right). \quad (16)$$

Произведем расчет полученной формулы (16), для чего подставим значения угла подъема винтовой линии лопасти, диаметра и угловой скорости мешалки ($d_m = 542$ мм, $\gamma_1 = 32^\circ$, $\omega_m = 36,63 \text{ с}^{-1}$). Так как основная нагрузка на мешалке происходит в придонной области, то для полностью заполненного навозохранилища высотой 5 м и высоты размещения мешалки $h_m = 1,5$ м (предварительно производим размыв осадка навоза, высота которого достигает 0,2...1,5 м [14]) производительность миксера составляет $1793 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Полученное уравнение (16) по определению производительности миксера позволило провести теоретические исследования и определить мощность, затрачиваемую на перемешивание жидкого навоза [14], которые установили значение затрат мощности на описываемый процесс. Мощность, затрачиваемая на перемешивание жидкого навоза, равна 5,3 кВт, при этом диаметр мешалки равен 542 мм, угловая скорость мешалки составляет $36,63 \text{ с}^{-1}$ и угол подъема винтовой линии лопасти мешалки равен 32° .

Для проверки проведенных теоретических исследований и положений по определению рациональных параметров конструкции мешалки миксера с целью получения однородной смеси жидкого навоза и снижения энергоемкости процесса, были проведены экспериментальные исследования [8]. Обработка полученных экспериментальных данных (с применением аппарата математической статистики) позволила получить уравнения регрессии:

– для определения коэффициента неоднородности жидкого навоза:

$$y_1 = 13,594 - 1,388x_1 - 1,778x_2 - 1,094x_3 + 1,108x_1^2 + 1,617x_2^2 + 1,167x_3^2 + 1,532x_1x_2 + 1,363x_1x_3 + 2,074x_2x_3; \quad (17)$$

– для определения энергоемкости процесса перемешивания жидкого навоза:

$$y_2 = 5,432 + 3,22x_1 + 1,588x_2 + 1,028x_3 + 0,829x_1^2 + 0,519x_2^2 + 0,388x_1x_2. \quad (18)$$

На основании анализа полученных уравнений регрессии (17) и (18) подтверждена достоверность теоретических исследований и получены рациональные значения параметров мешалки, при которых осуществляется перемешивание навозной массы с минимальными энергозатратами. Коэффициент неоднородности жидкого навоза находится в пределах 14,9-19,4 %. Удельная энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза составляет 2,82-5,46 кВт·ч/м³.

При использовании миксера в навозохранилище, объемом 3000 м³ с модернизированной пропеллерной мешалкой, с указанными параметрами, накопления навоза на лопастях мешалки не наблюдалось. Показатель однородности жидкого навоза составил 86,7 %, степень однородности жидкого навоза по сравнению с базовым вариантом увеличилась на 2,7 %.

В ходе проведения экспериментальных исследований также определялись значения потребной мощности, затрачиваемой на перемешивание навоза с влажностью 88-92 %, по выходным данным которых построены графики зависимости (рис. 2) потребной мощности на перемешивание жидкого навоза от исследуемых параметров (угла подъема винтовой линии лопасти, диаметра и числа оборотов мешалки).

Анализ полученных зависимостей (рис. 2) показал, что изменение диаметра мешалки в пределах 560-650 мм и угла подъема винтовой линии мешалки в пределах $36-40^\circ$ приводит к увеличению энергозатрат при числе оборотов мешалки более 350 мин^{-1} от 4,5 до 8,0 кВт. Производительность миксера в ходе проведения экспериментальных исследований составляла не менее $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$, что незначительно отличается от расчетной.

Заключение

Расчет полученных аналитических зависимостей позволил определить рациональные параметры мешалки: угол подъема винтовой линии лопасти равен 32° , диаметр мешалки равен 542 мм. С указанными параметрами длина активного участка струи потока жидкого навоза равна 2,28 м, а минимальное время размыва осадка составляет 41 мин., минимальная затрачиваемая мощность на процесс перемешивания жидкого навоза равна 5,3 кВт, а производительность миксера равна $1793 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Изменение диаметра мешалки в пределах

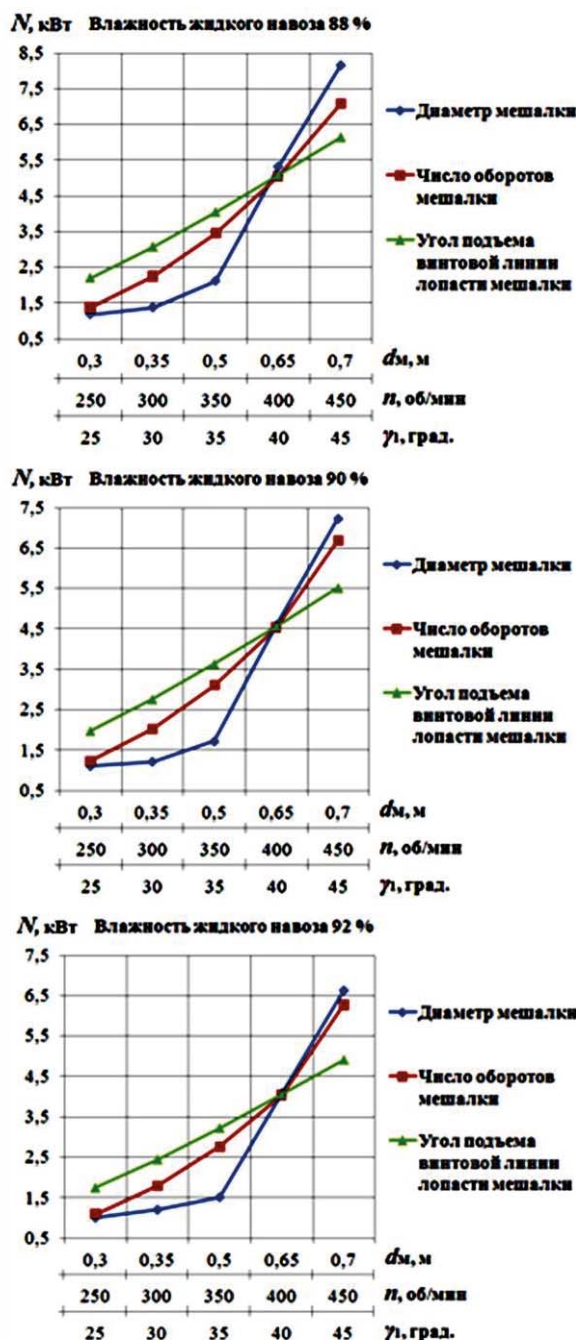


Рис. 2. Зависимость потребляемой мощности на перемешивание навоза от исследуемых параметров миксера

560-650 мм и угла подъема винтовой линии мешалки в пределах 36-40° приводит к увеличению энергозатрат при числе оборотов мешалки более 350 мин⁻¹ от 4,5 до 8,0 кВт. Удельная энергоёмкость процесса перемешивания жидкого навоза составляет 5,0-17,0 кВт·ч/м³.

Для осуществления процесса перемешивания жидкого навоза с минимальной энергоёмкостью целесообразно принять диаметр мешалки – 550 мм, угол подъема винтовой линии лопасти – 36° и число оборотов мешалки – 350 мин⁻¹, при которых происходит

самоочистка фронтальных поверхностей лопастей. При данных параметрах удельная энергоёмкость процесса перемешивания жидкого навоза составляет 2,82–5,46 кВт·ч/м³.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тропин, А.Н. Повышение эффективности работы самотечной системы удаления навоза путем оптимизации ее конструктивных и технологических параметров: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Н. Тропин. – Санкт-Петербург–Павловск, 2011. – 20 с.
2. Скотников, Д.А. Совершенствование технологии и оптимизация параметров смесителя для приготовления субстрата при производстве биогумуса: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д.А. Скотников. – Саратов, 2003. – 20 с.
3. Андреев, А.Н. Течение неньютоновской жидкости в шнековом прессе / А.Н. Андреев / НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – №1 (15). – С. 7-14.
4. Караева, Ю.В. Оценка динамической вязкости субстратов, используемых для получения биогаза / Ю.В. Караева, И.А. Трахунова // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XXV междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2013. – № 8 (21). – С. 84-90.
5. Ворожцов, О.В. Обоснование технологических и конструкционных параметров перемешивающего устройства, обеспечивающего гомогенизацию жидкого свиного навоза при его хранении в пленочных навозохранилищах: дис... канд. техн. наук./ О.В. Ворожцов – Санкт-Петербург, 2018. – 195 с.: ил.
6. Швед, И.М. Определение диаметра и угла подъема лопасти мешалки / И.М. Швед [и др.] // Вестн. НАН Беларуси. – Минск, 2014. – № 3. – С. 92-97.
7. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
8. Китун, А.В. Исследования параметров при перемешивании жидкого навоза миксером / А.В. Китун, И.М. Швед // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки: БГСХА. – 2018. – № 4. – С. 144-147.
9. Китун, А.В. Влияние длины струи на производительность миксера для навоза / А.В. Китун, И.М. Швед // Исследования, результаты: научный журнал / Казахский национальный аграрный университет. – Алматы, 2019. – № 1. – С. 246-256.
10. Повх, И.Л. Техническая гидромеханика / И.Л. Повх. – Л.: Машиностроение, 1976. – 504 с.
11. Швед, И.М. Определение времени размыва осадка в навозохранилище / И. М. Швед // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 16-19.
12. Беляев, В.М. Расчет и конструирование основного оборудования отрасли: учеб. пос. / В.М. Беляев, В.М. Миронов. – Томск: Томский политехнический ун-т, 2009. – 288 с.

13. Ворожцов, О.В. Повышение эффективности перемешивания жидкого навоза в пленочных навозохранилищах – лагунах / О.В. Ворожцов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: технические науки. – Псков: ГУ, 2012. – № 1. – С. 186-189.

14. Швед, И.М. Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание жидкого навоза / И.М. Швед // Агропанорама. – 2018. – № 5. – С. 26-32.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.08.2019

УДК 334.01

БЕССУБСТРАТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩЕЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОВОЩЕВОДСТВА

И.А. Контровская,

доцент каф. учета, анализа и аудита БГАТУ, канд. с-х. наук, доцент

О.Г. Гануш,

студентка 4 курса БГАТУ

В статье представлено совершенствование малообъемной технологии производства овощей закрытого грунта в полиэтиленовых рукавах технологической системы и рассчитан ее экономический эффект. Представленная технология позволит получить снижение затрат на приобретение минеральной ваты, экономию минеральных удобрений, поливной воды, энергетических затрат, а также избежать экологических проблем, связанных с утилизацией отработанных матов минеральной ваты и потерей питательных элементов с дренажем.

Ключевые слова: овощеводство, закрытый грунт, бессубстратная технология, себестоимость, экономия, рентабельность.

The improvement of low-volume technology of the production of greenhouse vegetables in polyethylene sleeves of the technological system is presented in the article. Its economic effect is calculated. The technology will allow to reduce costs for the purchase of mineral wool, save mineral fertilizers, irrigation water, energy costs and avoid environmental problems associated with the disposal of waste mineral wool mats and the loss of nutrients through drainage.

Keywords: vegetable growing, indoors, tank farming, prime cost, cost-effectiveness, profitability.

Введение

Современное тепличное овощеводство, как самая интенсивная отрасль растениеводства, является крупным потребителем природных ресурсов и может успешно функционировать при условии выработки и внедрения не только рентабельных, но и экологически обоснованных технологических моделей производственных процессов. При совершенствовании используемых в этой отрасли технологий принципиально важно придать им экологическую направленность в соответствии с особенностями развития научно-технического прогресса, специализации и концентрации производства, оптимизировать соотношение объемов полученной сельскохозяйственной продукции с объемом использованных природных ресурсов и степенью воздействия на окружающую среду.

Тепличные культуры весьма требовательны к условиям произрастания, так как в культивационных сооружениях растения развиваются очень интенсивно, с урожаем выносят большое количество питательных веществ, по сравнению с культурами открытого грунта, а также имеют довольно длительный период вегетации, непропорционально развитую кор-

невую и надземную части, так как относительно слабо развита корневая система тепличных растений должна обеспечить полноценное развитие мощной надземной части [1].

В условиях защищенного грунта, где основные микроклиматические параметры автоматизированы, на передний план выступают проблемы создания корнеобитаемой среды, отвечающей требованиям произрастания растений и позволяющей регулировать их минеральное питание [2].

Создание оптимальных условий питания растений требует значительных затрат на приобретение минеральных удобрений. При этом масштабный объем их использования создает экологическую нагрузку за счет формирования дренажных стоков, содержащих в значительных количествах растворимые соли.

Расход минеральных удобрений и формирование дренажного стока при малообъемном выращивании тепличных овощей существенно влияют на интенсивность загрязнения окружающей среды и во многом определяются происхождением и свойствами субстрата [3].

Таким образом, изыскание путей экономии импортных минеральных удобрений в тепличном ово-

шеводстве является одним из основных путей повышения экономической эффективности и экологической безопасности производства. Подбор субстратов должен осуществляться с учетом их стоимости, качества, особенностей поглощения и миграции питательного раствора.

В настоящее время технология возделывания овощей закрытого грунта на минеральной вате в тепличном овощеводстве в Республике Беларусь является доминирующей, однако при этом имеет ряд серьезных недостатков [2]:

- необходимость импорта минеральной ваты;
- неравномерное распределение питательного раствора по объему матов, поэтому корни растений развиваются неравномерно;
- непродуктивный расход минеральных удобрений и миграция водорастворимых солей по профилю дренажа, что ведет к росту затрат на производство и создает большую экологическую нагрузку.
- дополнительные энергетические затраты на обогрев матов минеральной ваты;
- значительные энергетические затраты на производство и утилизацию отработанного субстрата. Накопление на полигонах вблизи городов создает серьезную экологическую проблему и требует дополнительных средств на оборудование специальных ковшеобразных бетонированных площадок для его хранения. Срок хранения отработанной минеральной ваты неограничен.

Основная часть

Альтернативой технологии выращивания овощных культур с использованием в качестве субстрата минеральной ваты может стать разработанная ОАО

«ТК «Берестье» бессубстратная технология производства овощей [4] (рис. 1). Тепличный комбинат получил патент на «Устройство для гидропонного выращивания растений».

Разработанная технология основана на выращивании овощных культур в полиэтиленовых рукавах технологической системы. Поверхность грунта в теплице укрывается полиэтиленовой пленкой, что обеспечивает изоляцию выращиваемых растений от почвы, улучшение условий освещенности растений за счет отражения пленкой света. На специальную пузырчатую пленку размещают полистирольные блоки, служащие основой для укладки светонепроницаемого пластикового рукава, что обеспечивает стабилизацию температурного режима.

Поверх полистирольного блока расстилается герметичный пластиковый рукав из светонепроницаемой пленки, в отверстия которого в соответствии со схемой размещения растений устанавливается предварительно подготовленный кубик минеральной ваты с рассадой (рис. 2).

Специфика данной технологии состоит в том, что первоначально питательный раствор поступает в кубик с рассадой и распространяется по водоудерживающему материалу, расположенному во внутренней поверхности рукава, где и развивается мощная корневая система растений. Корни находятся над верхней частью полистирольного блока и в рабочем растворе рукава технологической системы. В таких условиях формируется мощная корневая система, сохраняющая высокую физиологическую активность на протяжении всего периода вегетации.

Таким образом, формируется искусственная корнеобитаемая среда с доступом воздуха, не содержащая твердых компонентов, изолированная от света.

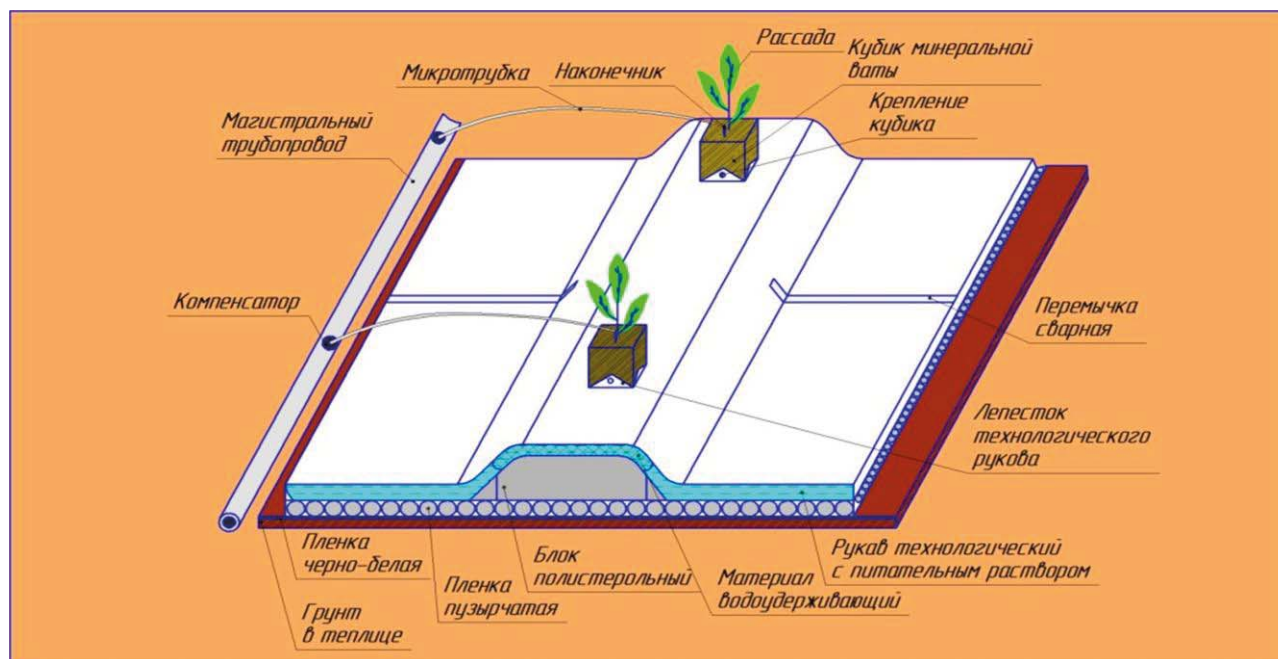


Рис. 1. Схема основных технологических этапов бессубстратной технологии производства овощей

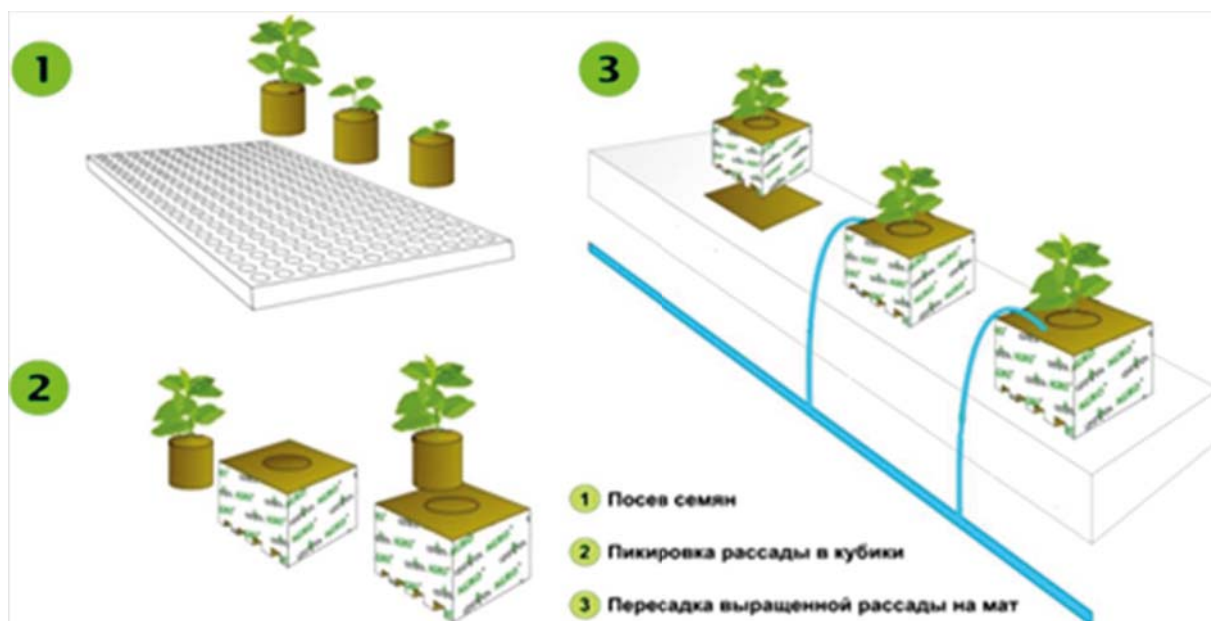


Рис. 2. Схема выращивания и пересадки рассады томатов при бессубстратной технологии

Внутри рукава находится тонкий и гибкий нетканый материал спанбонд, обладающий большой гигроскопичностью, то есть способностью удерживать влагу, что также создает оптимальные условия для корневой системы и способствует предотвращению потери элементов питания.

Таким образом, дренажный сток при использовании такой технологии практически отсутствует, а, следовательно, исключается загрязнение окружающей среды растворимыми солями. За счет отсутствия потерь элементов питания с дренажными стоками достигается значительная экономия водорастворимых импортных минеральных удобрений (рис. 3).

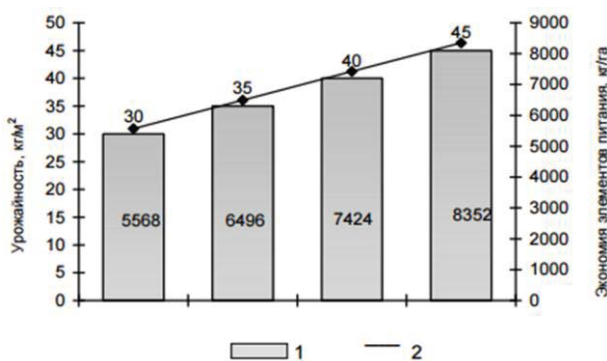


Рис. 3. Экономия элементов минерального питания при использовании бессубстратной технологии выращивания томата: 1 – экономия элементов минерального питания, кг/га; 2 – плановая урожайность томата, кг/м²

Так, при средней урожайности томата 35 кг/м² использование бессубстратной технологии выращивания позволяет в сравнении с минеральной ватой уменьшить расход водорастворимых удобрений на 6496 кг/га; при урожайности 40 кг/м² – на 7424 кг/га [4].

Кроме того, бессубстратная технология, которая по основным показателям экономической эффективности значительно превосходит другие виды применяемых тепличных технологий, также обеспечивает уменьшение теплоэнергетических затрат. Расход природного газа в сравнении с наиболее распространенной в настоящее время технологией на минеральной вате сокращается на 27 %, электроэнергии – на 20 %, минеральных удобрений – на 32 %, воды – на 24 % [4].

Таким образом, отсутствие производственных отходов в виде отработанного субстрата, экономия удобрений, энергетических затрат и воды являются очевидными преимуществами бессубстратной технологии возделывания овощных культур в зимних теплицах.

По словам главы тепличного комбината «Берестье», данная технология непростая, наукоемкая и не пользуется популярностью, но эффективная и может позволить на каждом гектаре сэкономить около 30 тыс. долларов.

С учетом успешного опыта применения бессубстратной технологии производства овощей на ОАО «ТК «Берестье», рассчитаем возможные показатели расхода удобрений, воды, тепло- и энергоресурсов в результате внедрения бессубстратной технологии производства томатов (табл. 3).

Предположим, что посевная площадь томата составит 4,86 га, объем производства томатов составит 1771 т., урожайность томата – 36,4 кг/м².

Тариф на электроэнергию для сельскохозяйственных потребителей с 01.01.2019 г. установлен в размере 0,19888 руб./кВт·ч. Стоимость природного газа с 01.01.2019 г. для производства овощей защищенного грунта установлена в размере 0,4058 руб./м³. Средняя стоимость 1 кг вносимых минеральных удобрений составляет около 4,5 руб. Тариф за 1 кубический метр технической воды – 0,594 руб.

Таблица 3. Экономический эффект от перехода на бессубстратную технологию производства томатов [4]

Показатели	Технология	
	Стандартная малообъемная технология	Предлагаемая бессубстратная технология
Расход природного газа на 1 кг томатов, м ³	1,4	1,02
Расход электроэнергии на 1 га, кВт-ч	760	608
Расход минеральных удобрений, кг/т	85,7	75,4
Расход воды, л/кг	37,0	28,1

Инвестиционные затраты по проекту внедрения бессубстратной технологии составят 822,71 тыс. руб.

Рассчитаем резерв снижения расхода электроэнергии на производство томатов при переходе на бессубстратную технологию:

$$1. P \downarrow P_{эл.} = (760 - 608) \times 4,86 = 738,72 \text{ кВт-ч}$$

Резерв снижения затрат на электроэнергию:

$$P \downarrow Z_{эл.} = 738,72 \times 0,19888 = 147 \text{ руб.}$$

2. Рассчитаем резерв снижения расхода природного газа на производство томатов при переходе на бессубстратную технологию:

$$P \downarrow P_{газ} = (1,4 - 1,02) \times 1771000 = 672980 \text{ м}^3$$

Резерв снижения затрат на природный газ:

$$P \downarrow Z_{газ.} = 672980 \times 0,4058 = 273095 \text{ руб.}$$

3. Рассчитаем резерв снижения расхода минеральных удобрений на производство томатов при переходе на бессубстратную технологию:

$$P \downarrow P_{уд.} = (85,7 - 75,4) \times 1771 = 18241 \text{ кг}$$

Резерв снижения затрат на минеральные удобрения:

$$P \downarrow Z_{уд.} = 18241 \times 4,5 = 82085 \text{ руб.}$$

4. Рассчитаем резерв снижения расхода воды на производство томатов при переходе на бессубстратную технологию:

$$P \downarrow P_{уд.} = (37 - 28,1) \times 1771000 : 1000 = 15726 \text{ м}^3$$

Резерв снижения затрат на воду:

$$P \downarrow Z_{уд.} = 15726 \times 0,594 = 9341 \text{ руб.}$$

5. Общий резерв снижения затрат на производство томатов в результате перехода на бессубстратную технологию производства:

$$P \downarrow Z_{общ.}(Д_{г}) = 147 + 273095 + 82085 + 9341 = 364668 \text{ руб.}$$

Таким образом, ежегодная экономия (доход), которую предприятие получит в результате снижения затрат на производство томатов при переходе на бессубстратную технологию производства, составит 364,668 тыс. руб., динамический срок окупаемости инвестиций проекта внедрения бессубстратной технологии выращивания томатов – 2,68 года.

Таким образом, внедрение бессубстратной технологии производства овощей закрытого грунта позволит повысить эффективность тепличного овощеводства.

Заключение

Овощеводство защищенного грунта, являющееся одной из самых ресурсоемких отраслей растениеводства, может успешно функционировать при условии выработки и внедрения не только рентабельных, но и экологически обоснованных технологических моделей производственных процессов.

Альтернативой затратной доминирующей технологии выращивания овощных культур с использованием в качестве субстрата минеральной ваты может стать разработанная и запатентованная ОАО «ТК «Берестье» бессубстратная технология производства овощей.

Разработанная технология основана на выращивании рассады овощных культур в кубике из водонепроницаемого материала, расположенных в полиэтиленовых рукавах технологической системы, куда поступает питательный раствор.

Внедрение бессубстратной технологии производства овощей закрытого грунта позволит повысить эффективность тепличного овощеводства за счет:

- снижения затрат на приобретение минеральной ваты, раскладку и уборку матов, предварительную расстановку рассады, прорезание щелей в матах для дренажа;
- экономии водорастворимых минеральных удобрений и поливной воды за счет исключения потерь с дренажом;
- экономии энергетических затрат за счет снижения потерь на подачу рабочих растворов;
- снижения экологической нагрузки и затрат, связанных с утилизацией отработанных матов минеральной ваты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скорина, В.В. Овощеводство защищенного грунта: учеб. пос. / В.В. Скорина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 262 с.
2. Аутко, А.А. Гидропонная технология в теплицах на основе полимерных материалов: монография / А.А. Аутко, Н. Н. Долбик, М.А. Долбик, А.Н. Вараксин. – Минск, 2014. – 167 с.
3. Козловская, И.П. Пути повышения экономической эффективности и экологической безопасности тепличного овощеводства: монография / И.П. Козловская. – Минск: БГАТУ, 2009. – 223 с.
4. ОАО «ТК «Берестье» использует собственную разработанную запатентованную технологию производства продукции // Официальный сайт открытого акционерного общества «Тепличный комбинат «Берестье». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://berestie.by/tehnologiya-proizvodstva/>. – Дата доступа: 12.05.2019.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.07. 2019

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

М.А. Прищепов,

профессор каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

А.И. Зеленкевич,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

В.М. Збродыга,

заведующий каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье представлены результаты экспериментальных исследований работы трансформаторов со схемами соединения обмоток «звезда-звезда с нулевым проводом», «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством», «звезда-зигзаг с нулевым проводом», «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке.

Ключевые слова: трансформатор, схема соединения обмоток, несимметрия токов и напряжений.

The article presents the results of experimental studies of transformers with «Y-connection winding-zero wire», «Y-connection winding with zero wire with a balanced converter», «forked wye with zero wire», «double forked wye with zero wire» at unbalanced load.

Keywords: transformer, winding circuit, currents and voltage unbalance.

Введение

Несимметрия электрических нагрузок вызывает несимметрию напряжений. При этом трехфазные электроприемники питаются несимметричным напряжением, а однофазные – оказываются под повышенным или пониженным напряжением. Отклонение напряжения у электроприемников перегруженной фазы может превысить допустимое ГОСТ 32144-2013 значение.

При несимметричном режиме существенно ухудшаются условия работы, как самих электроприемников, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом. Несимметрия токов и напряжений вызывает дополнительные потери мощности, снижает срок службы электрооборудования, уменьшает экономические показатели его работы.

Уменьшить несимметрию напряжений можно применением специальных корректирующих устройств. В системах электроснабжения сельскохозяйственных потребителей авторы рассматривают возможность использования для этого трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» ($Y/2Z_n$) [1-3].

Целью исследований является экспериментальное подтверждение способности трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивать наиболее высокий уровень симметрии напряжений на его выводах, по сравнению с другими схемами, при несимметричном характере нагрузки.

Основная часть

Для сравнительной оценки взяты рекомендованные к применению в сельских электросетях и наиболее распространенные схемы с нулевым проводом «звезда-звезда с нулевым проводом» (Y/Y_n), «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» (Y/Y_n -СУ), «звезда-зигзаг с нулевым проводом» (Y/Z_n).

Исследования работы трансформатора при несимметричном характере нагрузки проводились с использованием одного магнитопровода путем смены обмоток. Исследуемый трансформатор был изготовлен в лабораторных условиях. Обмотки выполнены без изменения сечений и соответствуют сечению проводов трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_n .

При исследовании, нагрузка трансформатора и ее изменение обеспечивалось при помощи ползунковых реостатов. Были приняты следующие режимы нагрузки:

1. Ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до $1,2 I_n$, а в двух других фазах был равен номинальному I_n (режим 1).

2. Ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до $1,2 I_n$, в другой фазе был равен нулю, в третьей фазе был равен номинальному I_n (режим 2).

3. Ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до $1,2 I_n$, а в двух других фазах был равен нулю (режим 3).

В указанных режимах работы измерялись линейные и фазные напряжения трансформаторов высшей и низшей сторон, токи низшей стороны, коэффициен-

ты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности при помощи анализатора качества напряжения Fluke 425.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические выводы [3], что у трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» искажения фазных и линейных напряжений первичной стороны и их отклонения от номинального значения незначительны даже при глубокой несимметрии нагрузки. На вторичной стороне установлено искажение симметрии напряжений, различное для разных схем соединения обмоток,

которое увеличивается с ростом несимметрии нагрузки.

Коэффициенты несимметрии первичных напряжений по обратной K_{2U} и нулевой K_{0U} последовательности трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» практически равны нулю. Зависимости коэффициентов несимметрии напряжений вторичной стороны от токов нагрузки для принятых режимов, для каждой из исследованных схем приведены на рисунках 1-6, из которых видно, что рост несимметрии нагрузки вызывает увеличение коэффициентов несимметрии напряжений.

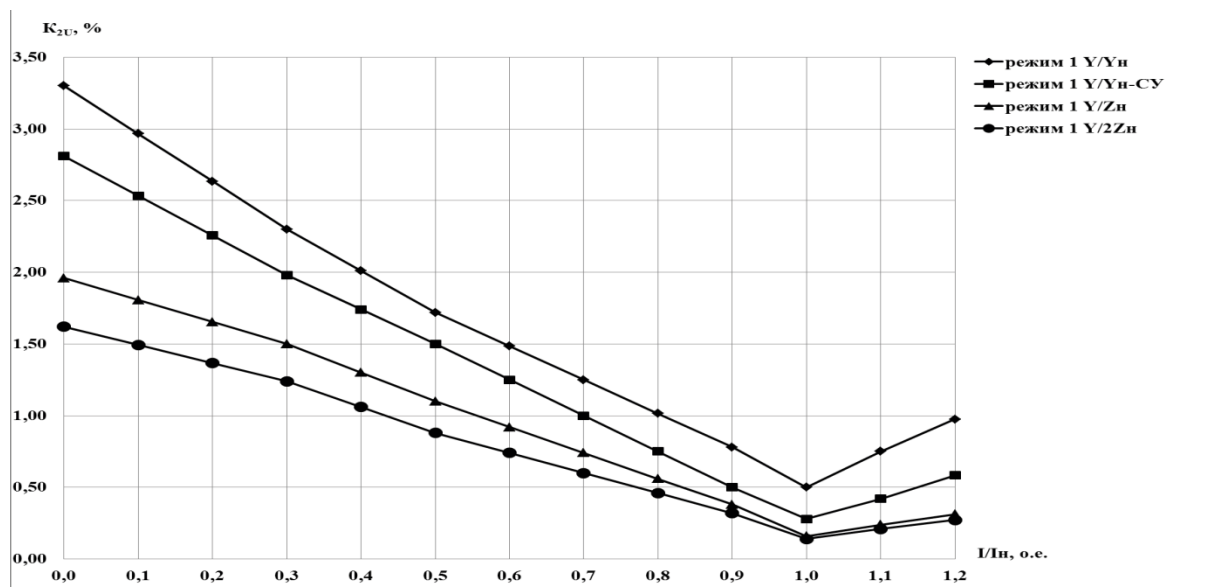


Рис. 1. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима 1 ($I_a = 0 \dots 1,2 I_n$, $I_b = I_n$, $I_c = I_n$)

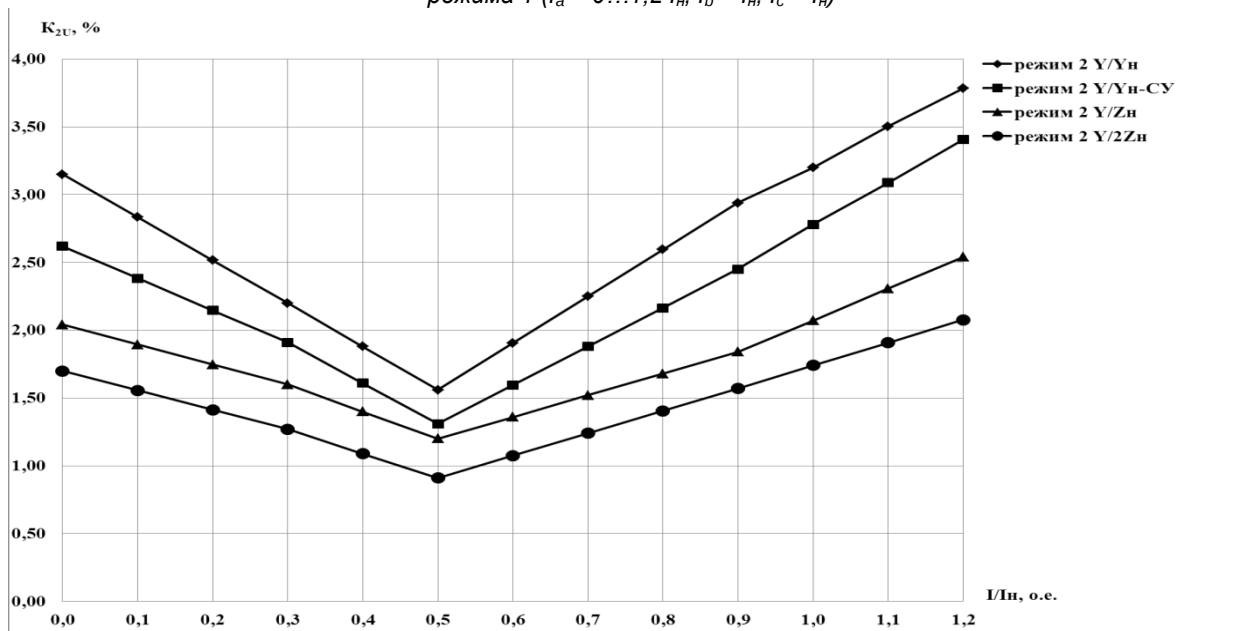


Рис. 2. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима 2 ($I_a = 0$, $I_b = 0 \dots 1,2 I_n$, $I_c = I_n$)

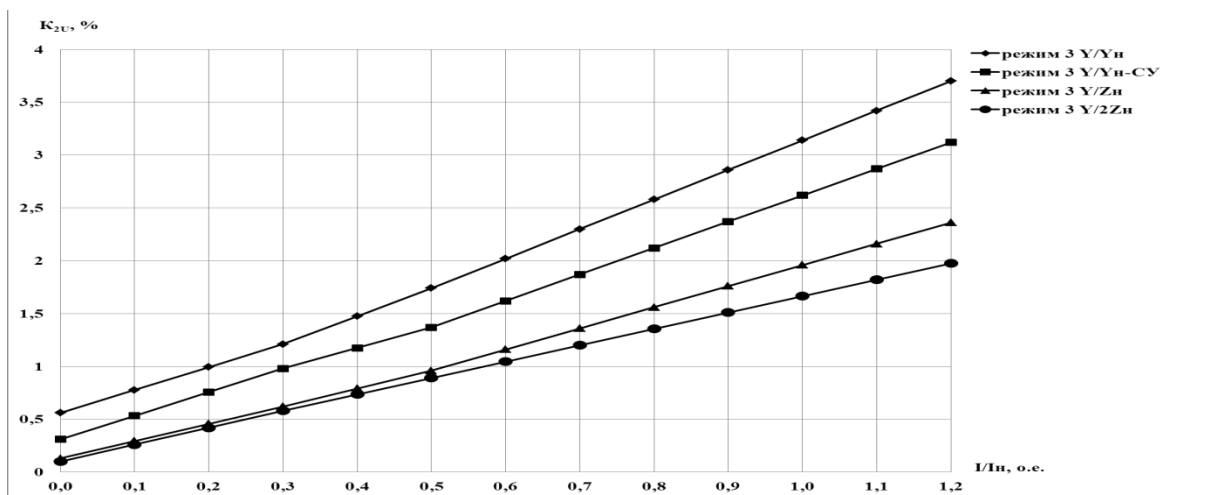


Рис. 3. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима 3 ($I_a = 0, I_b = 0, I_c = 0 \dots 1,2 I_n$)

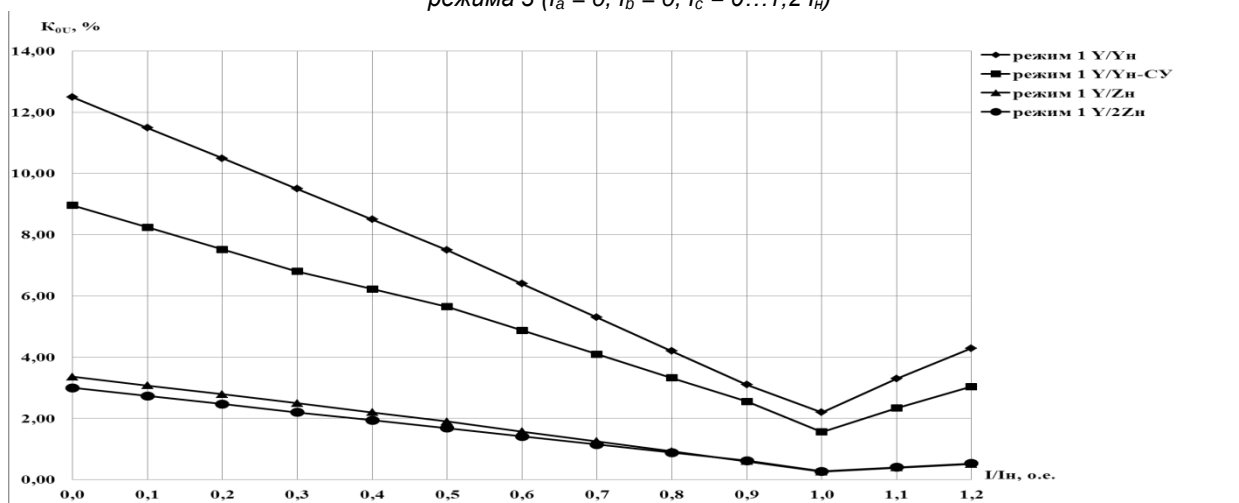


Рис. 4. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима 1 ($I_a = 0 \dots 1,2 I_n, I_b = I_n, I_c = I_n$)

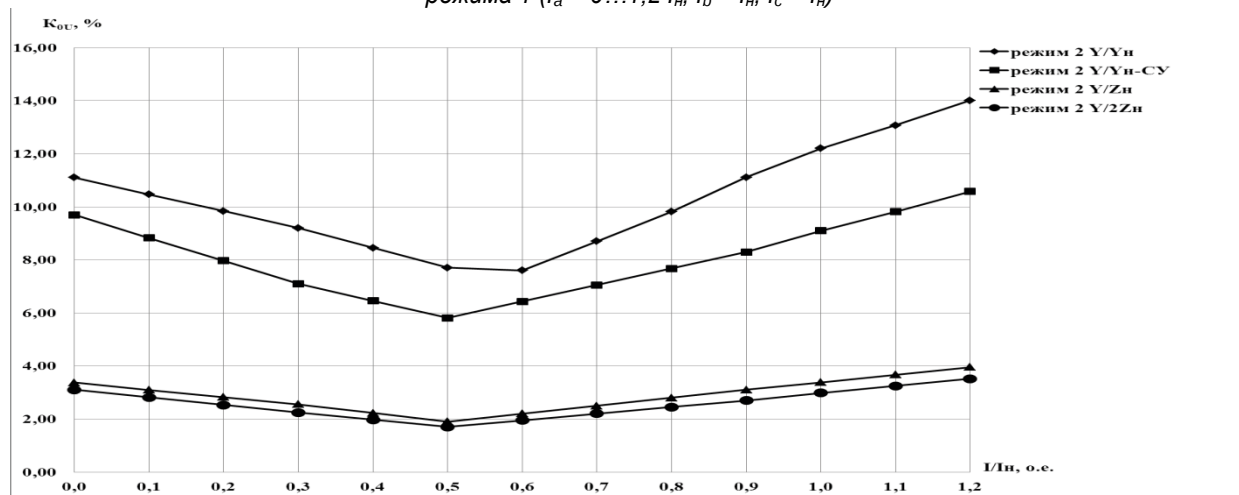


Рис. 5. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима 2 ($I_a = 0, I_b = 0 \dots 1,2 I_n, I_c = I_n$)

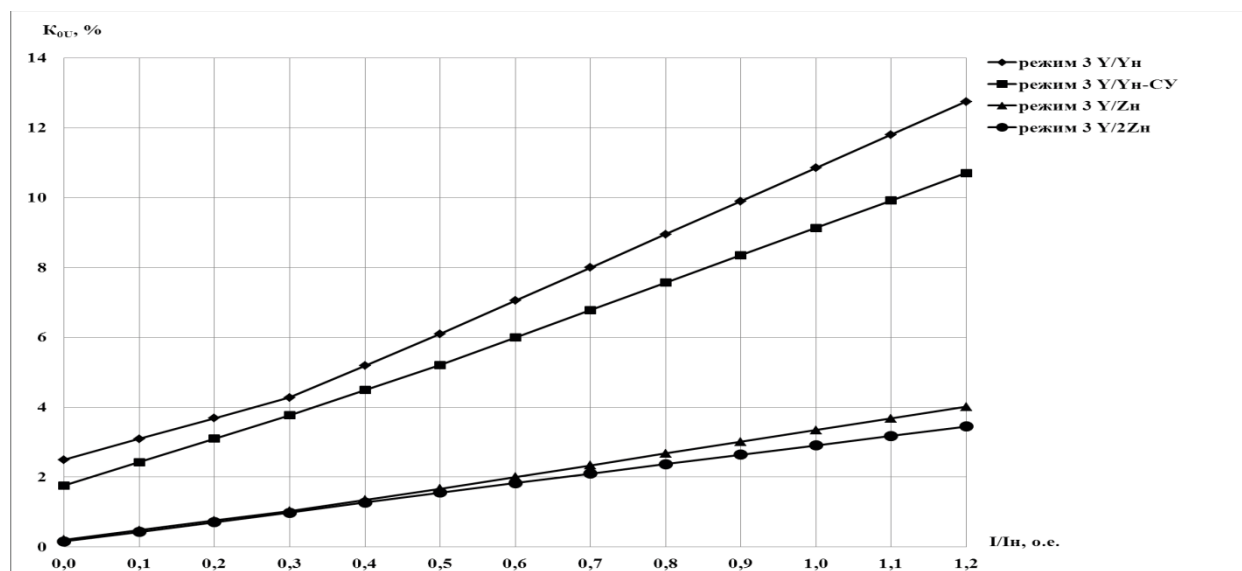


Рис. 6. Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима 3 ($I_a = 0$, $I_b = 0$, $I_c = 0 \dots 1,2 I_n$)

В трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при номинальном значении нагрузки коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности при эксперименте в режиме 1 изменялся от 0,14 % до 1,62 %, в режиме 2 изменялся от 0,91 % до 1,74 %, в режиме 3 – от 0,1 % до 1,67 %. Данные значения коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности не превышают 2 % допустимого стандартом значения.

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности при эксперименте в режиме 1 изменялся от 0,27 % до 2,98 %, в режиме 2 изменялся от 1,7 % до 2,98 %, в режиме 3 – от 0,1 % до 1,67 %. Данные значения коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности выше 2 % допустимого значения.

Однако, при эксплуатации маловероятно возникновение такой глубокой несимметрии нагрузки, которая создавалась при проведении эксперимента в лабораторных условиях. Поэтому схема соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивает симметрию напряжений в допустимых стандартом пределах значений и может успешно применяться в электроустановках сельскохозяйственных потребителей при несимметрии нагрузки.

Заключение

1. Экспериментальные исследования подтвердили теоретические выводы [3] о том, что трансформатор «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивает наиболее высокий уровень симметрии вторичных напряжений при несимметрии нагрузки по сравнению с другими схемами соединения обмоток. При наиболее неблагоприятном режиме загрузки одной фазы номинальным током и отсутствия нагрузки

в двух других фазах коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности не превышает 1,74 %, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности – 2,98 %.

2. В производственных условиях маловероятно возникновение такой глубокой несимметрии нагрузки, которая создавалась при проведении эксперимента в лаборатории. Следовательно, трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» можно рекомендовать для использования в электроустановках сельскохозяйственных потребителей при несимметрии нагрузки для повышения качества напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: патент 16008 Респ. Беларусь / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заяв. Белор. гос. аграрный технический ун-т. – № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.
2. Прищепов, М.А. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 16-25.
3. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 25-31.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.10.2019

УДК 629.11

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

О.Ч. Ролич,

доцент БГУИР, канд. техн. наук, доцент

В.Е. Тарасенко,

зав. каф. технологий и организации технического сервиса БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Разработана многоканальная система с гибкой структурой, позволяющая осуществлять принципы комплексного диагностирования. Обоснованы базовые интерфейсы взаимодействия центрального микроконтроллера системы с модулем данных: I2C, функционирующий в высокоскоростном режиме 400 кбит/с, 1-WIRE, SPI и I2S. Модуль данных имеет миниатюрные размеры, а система в целом характеризуется портативностью и автономностью.

Ключевые слова: двигатель, диагностика, система, сигнал, сенсор, архитектура, контроллер, блок, датчик.

A multi-channel system with a flexible structure has been developed, it allows to implement the principles of complex diagnosis. The basic interfaces for the interaction of the central microcontroller of the system with the data module are justified: I2C, operating in the high-speed mode 400 kbps, 1-WIRE, SPI and I2S. The data module has miniature size, and the system as a whole is characterized by portability and autonomy.

Keywords: engine, diagnostics, system, signal, sensor, architecture, controller, unit, sensor.

Введение

Современные машины и их двигатели существенно отличаются улучшенными эксплуатационными свойствами (повышенными скоростями движения, надежностью работы агрегатов и систем, экономичностью и т.д.). Улучшение эксплуатационных характеристик машин привело к усложнению их конструкции, повышению точности изготовления деталей и их сборки [1, 2]. Именно поэтому ранее существующие способы и методы контроля технического состояния дизельного двигателя сегодня не могут в полной мере удовлетворить техническую службу предприятий, так как необходимы современные диагностические комплексы, а также методики комплексного диагностирования. Качественное определение технического состояния узлов, агрегатов и систем современных двигателей возможно только при условии применения высокопроизводительного специализированного диагностического оборудования и современных методов контроля, обеспечивающих получение достоверных результатов.

Основные механические, молекулярные и электродинамические процессы, протекающие в системах, узлах и механизмах дизельных двигателей, сопровождаются излучением спектра частот, как правило, звукового (в том числе и прилегающих к нему инфра и ультразвука) и теплового диапазонов. Анализ сигналов дизельной аппаратуры в указанных частотных диапазонах позволяет в реальном времени проводить ее контроль и диагностику, судить о текущем состоянии, оценивать остаточный ресурс отдельных узлов и элементов.

Виброакустический и тепловой контроль осуществляется как контактными, так и бесконтактными способами. В первом случае уровень вибраций и распределение температурного поля измеряются установкой вибродатчиков (акселерометров и гироскопов) и датчиков температуры в местах непосредственного съема данных. Второй (бесконтактный) вариант подразумевает получение звуковых сигналов с помощью распределенной системы микрофонов и измерение температуры посредством тепловизионных камер (цифровых болометров), установленных дистанционно [3]. Бесконтактный контроль незаменим во время диагностики внутренних и труднодоступных узлов в течение их работы, без остановки дизеля. Объединение контактных и бесконтактных способов формирует целостную картину пространственно-временного распределения звукового давления и температуры отдельных узлов и механизмов при работе дизельного двигателя в масштабе реального времени.

Основная часть

Современный уровень развития микропроцессорной и сенсорной техники способствует разработке недорогой многоканальной системы диагностики дизельных двигателей на базе интегрирования виброакустического и тепловизионного каналов. Поэтому, целью работы является обоснование архитектуры интегрированной системы виброакустической и тепловой диагностики, позволяющей в последующем проводить оценку остаточного ресурса систем, узлов и механизмов дизельных двигателей в масштабе реального времени.

Предлагаемая архитектура многоканальной системы представлена на рисунке 1. Центральным ее

– тепловизионный сенсор Lepton FLIR с разрешением 160x120 пикселей и интерфейсами I2C для настройки, и SPI для передачи кадров в формате VoSPI [10].

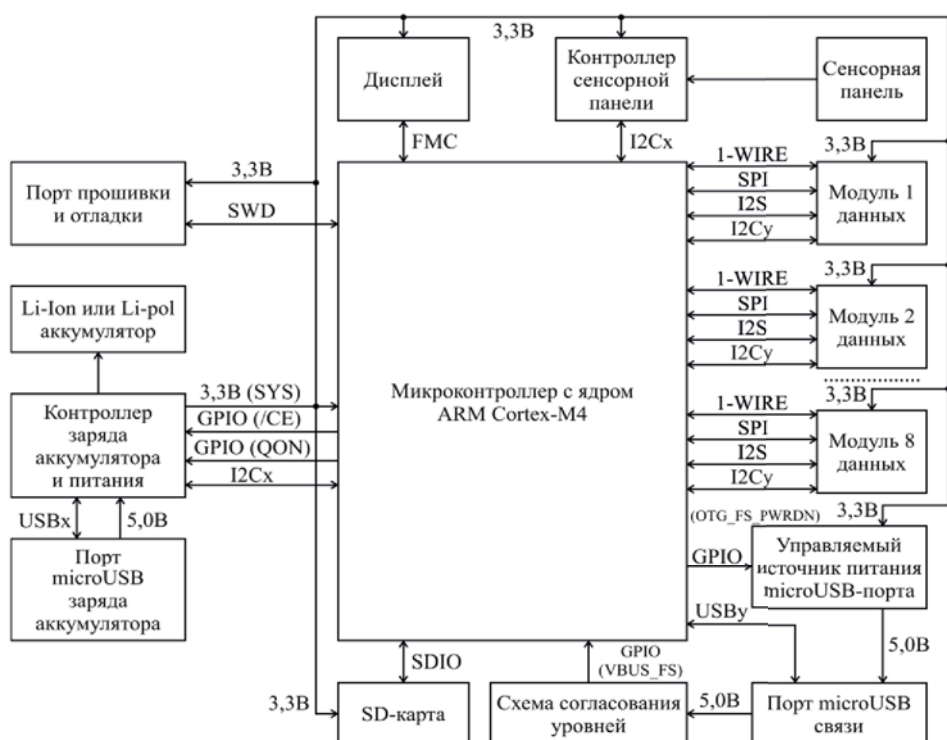


Рис. 1. Архитектура многоканальной системы виброакустической и тепловой диагностики дизельной аппаратуры

блоком выступает современный микроконтроллер STM32F407VGT6 с ядром ARM Cortex-M4. Микроконтроллер имеет в составе все базовые интерфейсы связи (I2C, SPI, I2S, UART/USART, 1-WIRE), присущие цифровым акселерометрам, гироскопам, датчикам температуры, тепловым сенсорам, и, как минимум, по два порта каждого интерфейса [4-9]. Кроме этого, благодаря блоку DMA прямого доступа к памяти, позволяющего конвейеризировать процессы управления периферией, на его основе, в связке с таймерами общего назначения можно дополнительно построить высокоскоростные программные интерфейсы, например, SWSPI (SoftWare SPI) и значительно расширить аппаратную периферию системы. Для ускорения работы с вещественными числами и быстрого автоматизированного анализа массивов данных, в ядро ARM Cortex-M4 встроен сопроцессор плавающей точки.

Считанные с датчиков отсчеты поступают на микроконтроллер с модуля данных с изображенной на рис. 2 структурой. Модуль данных интегрирует:

- контактный датчик DS18B20 температуры с выходным интерфейсом 1-WIRE;
- вибродатчик MPU6050 и тепловой сенсор AMG8833 разрешением 8x8 пикселей с интерфейсом I2C;
- MEMS-микрофон с частотно-импульсно модулированным выходным сигналом, передаваемым по шине I2S;

I2C, обращаясь к ней лишь в моменты изменения режима работы сенсора тепловизора.

В обобщенную транзакцию взаимодействия с модулем MPU6050, состоящего из MEMS акселерометра и гироскопа, входят 4 байта пакетов данных акселерометра и 4 байта пакетов данных гироскопа [11]. Для высокоскоростного режима функционирования шины I2C, обеспечивающего обмен между ведущим микроконтроллером и ведомым модулем MPU6050 со скоростью 400 кбит/с, отдельные транзакции, имеющие длину четыре байта, длятся не более 90 мкс, что соответствует частоте считывания данных 11,1 кГц. Предельные же частоты дискретизации для гироскопа и акселерометра равны соответственно 30 кГц (что существенно выше 11,1 кГц) и 1 кГц [11]. Поэтому в работе с гироскопом модуля MPU6050 обеспечивается избирательность функционирования пользовательского интерфей-

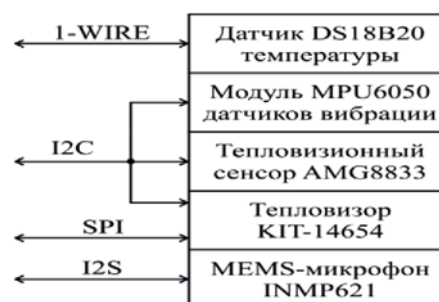


Рис. 2. Структура модуля данных

стью 400 кбит/с, отдельные транзакции, имеющие длину четыре байта, длятся не более 90 мкс, что соответствует частоте считывания данных 11,1 кГц. Предельные же частоты дискретизации для гироскопа и акселерометра равны соответственно 30 кГц (что существенно выше 11,1 кГц) и 1 кГц [11]. Поэтому в работе с гироскопом модуля MPU6050 обеспечивается избирательность функционирования пользовательского интерфей-

са системы, заключающаяся в приеме данных только от одного из датчиков (либо акселерометра, либо гироскопа) в пакетном режиме, позволяющем считывать их с частотой до 44,4 кГц, приемлемой как для акселерометра, так и для гироскопа.

Тепловой сенсор AMG8833 разрешением 8 x 8 пикселей предназначен для бесконтактного и дистанционного считывания распределения тепла в объекте исследования, и способен передавать поток видеоданных с частотой 10 кадр/с [6]. Так как отдельный кадр в AMG8833 представлен 64-элементной матрицей общим размером немногим более 128 байт, указанная кадровая частота соответствует относительно невысокой скорости шины I2C, равной 12 кбит/с. Следует отметить, что при работе I2C на стандартной скорости 100 кбит/с, в паузе между кадрами AMG8833 можно формировать совместные выборки от акселерометра и гироскопа модуля MPU6050 с целью их накопления, последующего анализа и принятия решений.

Тепловизор KIT-14654, связанный с центральным микроконтроллером отдельным интерфейсом SPI, тактируется меандром частотой в диапазоне от 10 МГц до 24 МГц. Он обеспечивает в формате VoSPI передачу кадров разрешением 160 x 120 пикселей со скоростью 26 кадр/с. Каждый двухбайтный яркостный элемент кадра тепловизора кодируется в оттенках серого, и программой микроконтроллера таблично преобразуется в цветной формат путем применения палитры «rainbow» или «colormap» [1].

Цифровой миниатюрный MEMS-микрофон INMP621, считывающий сигналы звукового давления работающей дизельной аппаратуры, передает центральному микроконтроллеру результирующий битовый поток аудиоданных в PDM-формате по интерфейсу I2S [8]. Однобитная импульсно-плотностная (PDM) модуляция получила широкое распространение в электронике и цифровой обработке сигналов, благодаря высокому быстродействию технических решений, ее реализующих, помехоустойчивости, соотношению сигнал – шум, простоте схемотехнической реализации с единственной линией данных [12, 13]. PDM-формат повсеместно используется в генерации и обработке аудио сигналов, и микрофон INMP621 его всецело поддерживает.

Пользовательский интерфейс контроля и управления системой диагностики дизельной аппаратуры представлен на рисунке 1 дисплейным модулем, взаимодействующим с центральным микроконтроллером по интерфейсу FMC (Flexible Memory Controller), и сенсорной панелью, управляемой по шине I2C.

Следует отметить, что в предлагаемой авторами архитектуре присутствуют две независимые шины I2Cx и I2Cy. К одной из них (I2Cx) подключен контроллер устройства ввода пользовательских данных, т.е. сенсорной панели, и контроллер заряда аккумуляторной батареи. Вторая шина I2Cy служит для подключения модулей данных, а именно: датчиков вибрации и тепловых сенсоров.

Полученные выборки, массивы данных, файлы могут быть сохранены для последующего анализа

либо на SD-карту, соединенную с центральным микроконтроллером интерфейсом SDIO, либо на внешний USB-накопитель, подключенный к системной шине USB через microUSB-порт связи посредством переходного OTG-кабеля.

Благодаря управляемости источника питания USB-порта связи, система может выступать как «ведущим» USB HOST для подключения к ней стандартных внешних носителей информации, так и в качестве «ведомого» USB DEVICE для связи с компьютером и передачи ему накопленных файлов и выборок. В случае «ведомого» центральный микроконтроллер, приняв высокий уровень напряжения на линии питания USB, когда $V_{BUS_FS} = 1$ (рис. 1), посредством сигнала OTG_FS_PWRDN оставляет выключенным «Управляемый источник питания microUSB-порта», т.е. неактивным повышающий преобразователь напряжения $3,3В \rightarrow 5,0В$. «Схема согласования уровней» при этом служит для понижения входного, стандартного для USB-шины напряжения 5,0В до значения 3,3В, являющегося рабочим для центрального микроконтроллера и, соответственно, номинальным напряжением для его портов ввода-вывода. В роли «ведущего» центральный микроконтроллер, путем управления линией OTG_FS_PWRDN и, в свою очередь, повышающим источником $3,3В \rightarrow 5,0В$ подает 5,0 В на microUSB-порт связи, позволяя запитать таким образом внешнее устройство, в частности, USB FLASH-диск с целью записи в него данных, следующих по шине USB.

Питание системы осуществляется как от внешнего источника (например, от компьютера или от батареи типа «Power Bank») через «Порт microUSB заряда аккумулятора» (рис. 1), так и автономно от внутренней литий-ионной (Li-Ion) или литий-полимерной (Li-pol) аккумуляторной батареи. Рабочее напряжение блоков и модулей системы составляет 3,3 В. За преобразование входного напряжения в диапазоне от 2,5 В до 5,0 В в 3,3 В, контроль и стабилизацию питания отвечает «Контроллер заряда аккумулятора и питания». В частном случае, в его качестве может выступать микросхема BQ24295, способная управлять зарядом аккумуляторной батареи и передавать параметры текущего ее состояния (ток и уровень заряда, напряжение на аккумуляторе, температуру окружающей среды) центральному микроконтроллеру по шине I2C. Контроль питания системы предусмотрен и извне, например, с помощью компьютера, подключенного к шине USB, путем считывания параметров состояния аккумуляторной батареи из «контроллера заряда аккумулятора и питания».

Стандартизированный порт SWD прошивки и отладки предназначен для обновления программного обеспечения и внутрисхемной пошаговой отладки работы центрального микроконтроллера и функционирования системы в целом.

Заключение

Предложена архитектура интегрированной многоканальной системы диагностики дизельной аппаратуры,

объединяющей до восьми универсальных модулей данных, состоящих из виброакустических и тепловых датчиков. Система полностью цифровая, с управляемой частотой тактирования ядра микроконтроллера до 216 МГц, повышенной помехоустойчивостью каналов связи, оптимальным соотношением стоимости к вычислительной способности.

Обоснованы базовые интерфейсы взаимодействия центрального микроконтроллера системы с модулем данных: I2C, функционирующий в высокоскоростном режиме 400 кбит/с (в отличие от I2Cх, для которого достаточно стандартной скорости 100 кбит/с), 1-WIRE, SPI и I2S. Благодаря MEMS-технологии, применяемой в изготовлении виброакустических датчиков, модуль данных имеет миниатюрные размеры, а система в целом характеризуется портативностью и автономностью.

Система позволяет диагностировать неисправности и вычислять остаточный ресурс узлов дизельной аппаратуры в масштабе реального времени, параллельно отображая на дисплее динамику изменения сигналов (спектрограммы и/или скейлограммы), обрабатывая пользовательские запросы и формируя протокол изменения картины состояния дизельного двигателя на SD-карте или внешних USB-носителей информации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Северный, А.Э. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин / А.Э. Северный, Д.С. Буклагин, В.М. Михлин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 252 с.
2. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования. – М.: Информагротех, 1995. – 64 с.
3. Ролич, О.Ч. Тепловой контроль работы двигателя на основе статистического анализа сигналов болометра / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко, В.С. Ивашко // Изобретатель. – 2019. – № 2-3. – С. 40 – 44.
4. Жмудь, В.А. Акселерометр и гироскоп MPU6050: первое включение на STM32 и исследование показаний в статике / В.А. Жмудь, К.А. Кузнецов,

Н.О. Кондратьев, В.Г. Трубин, М.В. Трубин // Автоматика и программная инженерия. – 2018. – №3 (25). – С. 9 – 22. – [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-3-2018-1.pdf>. Дата доступа: 02.08.2019.

5. Инфракрасная камера AMG8833 IR 8x8 MLX90640 32x24 [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://expresscoupon.ru/i/33007682212.html#>. – Дата доступа: 02.08.2019.

6. Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG88) [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/477934/PANASONIC/AMG8832.html>. – Дата доступа: 02.08.2019.

7. DS18B20 Programmable resolution 1-wire digital thermometer [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://tec.org.ru/bd/4/497_DS18B20-MAXIM.pdf. – Дата доступа: 02.08.2019.

8. INMP621 wide dynamic range microphone with PDM digital output [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://belchip.by/sitedocs/30127.pdf>. – Дата доступа: 02.08.2019.

9. SparkFun KIT-14654 FLIR radiometric Lepton® development kit [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://ru.mouser.com/new/sparkfun/sparkfun-kit-14654-lepton-dev-kit/>. – Дата доступа: 02.08.2019.

10. FLIR LEPTON® Engineering Datasheet [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.flir.com/globalassets/imported-assets/document/flir-lepton-engineering-datasheet.pdf>. – Дата доступа: 02.08.2019.

11. MPU-6000 and MPU-6050. Product Specification. Revision 3.4 [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>. – Дата доступа: 02.08.2019.

12. Сигма-дельта АЦП [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/adc/adc_5_2.htm. – Дата доступа: 02.08.2019.

13. Park, S. Principles of Sigma-Delta Modulation for Analog-to-Digital Converters. – Motorola, 1993. – 70 p.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.09.2019

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на 2-е полугодие 2019 года: для индивидуальных подписчиков - 19,86 руб., ведомственная подписка - 21,63 руб.

РАСЧЕТ ПОГЕКТАРНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА НА
МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТАХ

А.В. Мучинский,

доцент каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.Г. Королевич,

зав. каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Д.Ю. Ивашкевич,

ОАО «Банк БелВЭБ», магистр экон. наук

В статье рассмотрена методика расчета погектарного расхода топлива при выполнении механизированных работ в растениеводстве.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, расход топлива, частный коэффициент, режимы работы энергосредства, производительность.

The methodology of calculating fuel consumption rate per hectare when performing mechanized work in crop production is discussed in the article.

Keywords: machine-tractor hookup, fuel consumption rate, partial coefficient, power unit modes of operation, productivity.

Введение

В существующих методических рекомендациях расход топлива на гектар выполненных механизированных работ за 1 час сменного времени рассчитывается без учета работы энергосредства на холостых режимах и на остановках с работающим двигателем. Авторами предлагаются методические рекомендации по расчету погектарного расхода топлива при технико-экономическом обосновании эффективности агрегата, с учетом всех режимов работы энергосредства в течение эксплуатационного времени смены.

Основная часть

В методических рекомендациях по экономической оценке машинно-тракторных агрегатов расход топлива на полевых механизированных работах на единицу работы рассчитывают по формуле [1]:

$$\theta = \frac{N_{e_n} \cdot q \cdot \alpha}{W_3}, \quad (1)$$

где N_{e_n} – номинальная мощность двигателя, кВт;

q – удельный расход топлива на единицу работы двигателя, кг/кВт·ч;

α – коэффициент использования мощности двигателя;

W_3 – эксплуатационная производительность агрегата за час сменного времени, га/ч.

Однако если посмотреть на числитель и знаменатель формулы, то можно видеть их несоответствие. А именно: в числителе часовая расход топлива соответствует производительности за час основного времени, а в знаменателе – производительность за час сменного времени или эксплуатационная производительность, которая учитывает время на повороты, заезды,

холостую работу двигателя при остановках и другие составляющие времени смены.

Все вышеизложенное доказывает, что в результате таких расчетов, расход топлива на единицу работ завышен.

Расход топлива на единицу выполненной работы в технической литературе определяется как отношение суммарного расхода топлива за смену Q к сменной наработке агрегата W_{cm} [2], т.е.

$$\theta = \frac{Q}{W_{cm}}. \quad (2)$$

Общий расход топлива за смену Q (кг) при работе машинно-тракторного агрегата зависит от часового расхода и времени работы энергосредства при различных режимах:

$$Q = Q_0 \cdot T_0 + Q_x \cdot T_x + Q_{ост} \cdot T_{ост}, \quad (3)$$

где $Q_0, Q_x, Q_{ост}$ – часовая расход топлива при рабочем ходе агрегата, холостом ходе и на остановках, кг/ч;

$T_0, T_x, T_{ост}$ – основное (чистое) время работы, время холостых поворотов и заездов, время остановок с работающим двигателем, ч.

Тогда

$$\theta = \frac{Q_0 \cdot T_0 + Q_x \cdot T_x + Q_{ост} \cdot T_{ост}}{W_{cm}}. \quad (4)$$

Для анализа расхода топлива преобразуем формулу (4):

$$\theta = \frac{Q_0 \cdot T_0 \left(1 + \frac{Q_x \cdot T_x}{Q_0 \cdot T_0} + \frac{Q_{ост} \cdot T_{ост}}{Q_0 \cdot T_0} \right)}{W_3 \cdot T_{cm}}. \quad (5)$$

Обозначим выражение $\left(\frac{Q_x \cdot T_x}{Q_0 \cdot T_0} + \frac{Q_{ост} \cdot T_{ост}}{Q_0 \cdot T_0} \right) = K_c$ и назовем частным коэффициентом, учитывающим долю расхода топлива при холостом ходе и на остановках.

Выразив часовой расход топлива при выполнении основной работы через мощность двигателя, удельный расход топлива на единицу работы двигателя и коэффициент использования мощности двигателя, получим формулу часового расхода топлива за 1 час сменного времени в следующем виде:

$$\theta = \frac{N_{\text{сн}} \cdot q \cdot \alpha \cdot \tau (1 + K_c)}{W_3} \quad (6)$$

Из формулы видно, что часовой расход топлива зависит от коэффициента использования времени смены, также и частный коэффициент, учитывающий долю расхода топлива при холостом ходе и на остановках тоже привязан к коэффициенту использования времени смены. В свою очередь коэффициент использования времени смены зависит от вида выполняемых работ и длины гона (табл. 1).

Экспериментальные данные, полученные в про-

цессе фотохронометражных наблюдений в ОАО «Полочаны» Молодечненского района, позволили установить зависимость частного коэффициента, учитывающего долю расхода топлива при холостом ходе и на остановках K_c от коэффициента использования времени смены τ .

Данная зависимость выражается следующей формулой:

$$K_c = 0,3 \cdot (1 - \tau) \quad (7)$$

Графически это выглядит следующим образом (рис. 1).

Коэффициент использования мощности двигателя α на основных полевых работах приведен в таблице 2.

Рассмотрим изложенную методику погектарного расхода топлива в сравнении с существующей на примере пахотного агрегата, в состав которого входят трактор «БЕЛАРУС 3522» и плуг ППО-9-45К. Техническая

Таблица 1. Усредненные значения коэффициентов использования времени смены τ при выполнении сельскохозяйственных работ

Вид сельскохозяйственной работы	Значения τ при длине гона, м				
	200 – 400	400 – 800	800 – 1000	1000 – 1500	более 1500
Вспашка отвальными плугами, лемешное лущение стерни, обработка почвы дисковыми орудиями, чизелями, плоскорезами и комбинированными агрегатами.	0,70	0,75	0,80	0,83	0,85
Прикатывание и выравнивание почвы	0,75	0,81	0,85	0,88	0,90
Боронование зубowymi боровами, сплошная культивация	0,70	0,74	0,78	0,79	0,80
Скашивание растений жатками и косилками, сгребание и ворошение сена	0,75	0,79	0,83	0,86	0,88
Посев зерновых и пропашных культур	0,58	0,63	0,68	0,72	0,75
Междурядная культивация с подкормкой растений	0,55	0,63	0,69	0,75	0,78
Посадка рассады, картофеля	0,40	0,48	0,55	0,58	0,60
Химическая обработка растений штанговыми опрыскивателями	0,35	0,45	0,53	0,58	0,60
Внесение минеральных удобрений	0,52	0,60	0,65	0,69	0,70
Внесение органических удобрений кузовными разбрасывателями	0,40	0,45	0,48	0,52	0,57
Уборка зерновых культур	0,41	0,46	0,50	0,53	0,55
Уборка кукурузы	0,50	0,55	0,57	0,59	0,60
Уборка сахарной свеклы, картофеля	0,42	0,46	0,49	0,51	0,52

Таблица 2. Примерный коэффициент использования мощности двигателя α на основных полевых работах

Наименование работы	α
Вспашка почвы	0,9
Вспашка закоренных земель	0,9
Предпосевная обработка почвы	0,9
Культивация	0,6-0,7
Посев зерновых	0,7
Уборка зерновых	0,8
Кошение трав	0,6-0,65
Посадка картофеля	0,7
Междурядная обработка картофеля	0,7
Уборка картофеля	0,8
Внесение твердых органических удобрений	0,7
Внесение жидких органических удобрений (расстояние транспортировки 3-5 км)	0,7
Химическая обработка посевов от вредителей и сорняков	0,55

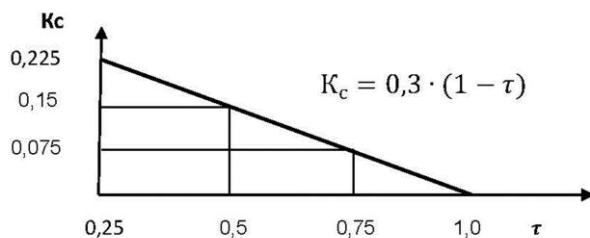


Рис. 1 График зависимости K_c от τ

производительность агрегата за 1 час основного времени – 2,84 га. Глубина вспашки – 22 см. Номинальная мощность двигателя – 355 л.с. (или 261 кВт). Удельный расход топлива составляет – 211 г/кВт·ч. Коэффициент использования мощности двигателя – 0,9. Коэффициент использования времени смены – 0,85. Длина гона – более 1500 метров.

Эксплуатационная производительность за 1 час сменного времени будет равна 2,142 га/час ($W_t \cdot \tau = 2,84 \cdot 0,85 = 2,4$).

Расход топлива определим двумя способами.

Используя формулу (1), расход топлива составит: $\theta = \frac{261 \cdot 0,211 \cdot 0,9}{2,4} = 20,65$ кг/га;

Используя формулы (6) и (7)

$$K_c = 0,3 \cdot (1 - \tau) = 0,3 \cdot (1 - 0,85) = 0,045$$

$$\theta = \frac{261 \cdot 211 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,045)}{2,4} = 18,34 \text{ кг/га.}$$

Сравнивая полученные результаты, можно утверждать, что существующая методика расчетов топливно-смазочных материалов при оценке инженерных решений в отрасли растениеводства завышает

расход топлива на единицу работы эксплуатационного времени на десять и более процентов.

Заключение

Предложена методика расчета расхода топлива на гектар при выполнении механизированных работ в растениеводстве, которая рекомендуется к использованию при определении норм расхода топлива при расчетах эксплуатационных затрат и себестоимости механизированных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономическая оценка инженерных решений при производстве продукции растениеводства. Дипломное проектирование: учебн.-методич. пос. / Н.Г. Королевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2018. – 172 с.
2. Эксплуатация сельскохозяйственной техники: учебник для учащихся специальности «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» учреждений, обеспечивающих получение среднего специального образования / Ю.В. Будько [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. – Мн.: Беларусь, 2006. – 510 с.: ил.
3. Методика расчета погектарного расхода топлива при работе агрегата. Факторы, влияющие на величину расхода топлива. Мероприятия по снижению расхода топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3343872/page:11/>. – Дата доступа: 19.03.2019.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.08.2019

Измерители-регуляторы МТ2

Предназначены для измерения и регулирования температуры (в комплекте с датчиками температуры), а также других неэлектрических величин (давление, уровень, влажность и т.д.)



Измерители-регуляторы МТ2 являются универсальными цифровыми программируемыми микропроцессорными устройствами. Они могут быть использованы при создании систем автоматического контроля и регулирования различных параметров технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве.

Основные технические данные

Напряжение питания	230 В ± 10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более	4 ВА
Масса, не более	0,4 кг
Габаритные размеры	120x96x48 мм
Входной сигнал (измерительный преобразователь)	Термопреобразователь сопротивления: ТСП150П, ТСП100П, ТСМ50М, ТСМ100М; Термопара типа: «L», «J», «K»; Унифицированный токовый сигнал: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА
Предел основной приведенной погрешности измерения	±0,5 %
Закон регулирования	позиционный, ПИД

Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, передаваемая в издательство, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис - и длинное тире —. Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+-. От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер

(если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевой бумаге размером не менее 9х12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата tif с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

аннотацию на русском и английском языках;

фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе Введение должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе Заключение должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

индекс УДК;

перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения, организации, предприятия, колхоза и т. д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется аспирантам, докторантам, соискателям в год завершения обучения.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99, корп. 5, к. 602, 608. БГАТУ

Система управления электроприводом дробилки зерна

Предназначена для автоматизированного управления загрузкой дробилки зерна по измеренной мощности электродвигателя.

Применение системы управления электроприводом позволяет автоматизировать технологический процесс дробления по загрузке электродвигателя. Система управления корректирует режим работы электропривода в зависимости от исходной влажности зерна.



Основные технические данные

Диапазон регулирования загрузки дробилки зерна	20... 100 %
Диапазон контролируемой влажности зерна	9... 40 %
Погрешность измерения влажности, не более	0,5 %
Мощность электродвигателя дозатора	до 3 кВт
Контроллер имеет унифицированный аналоговый выход 4-20 мА и интерфейс RS-485	

